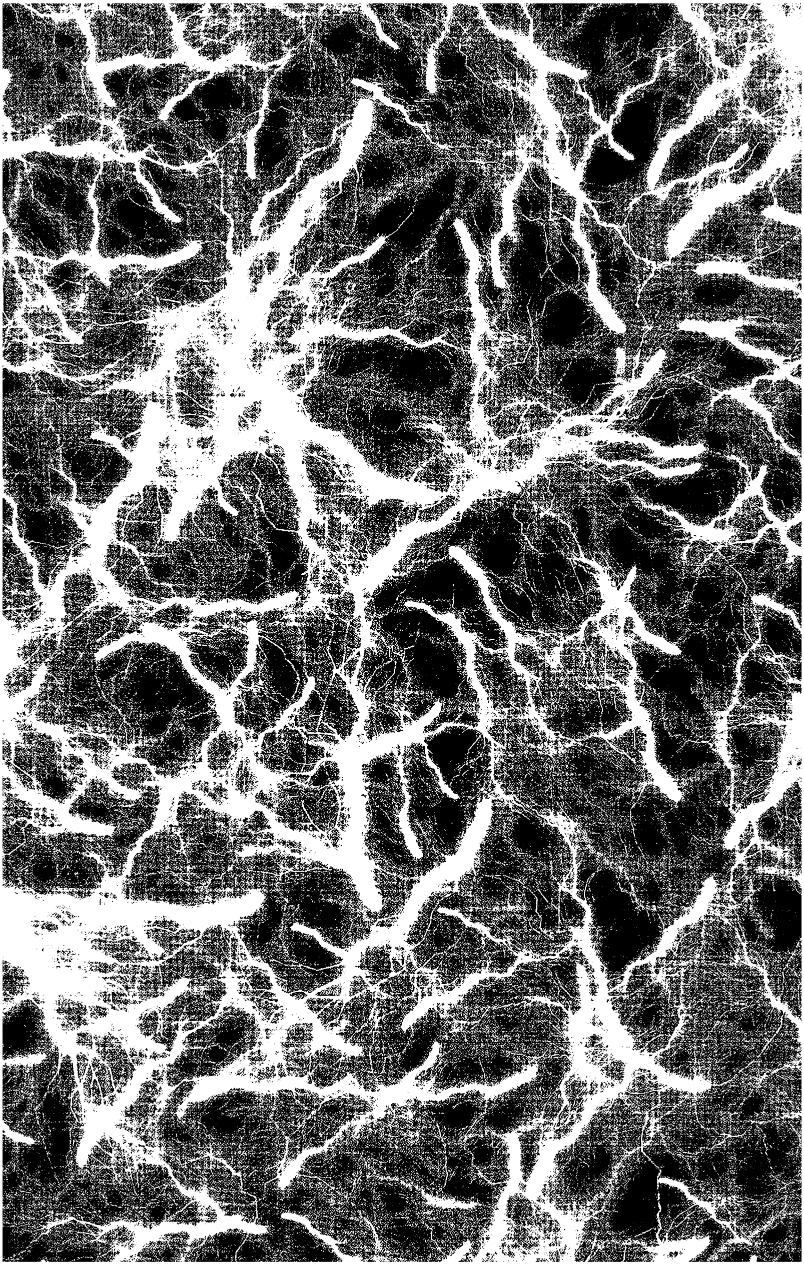
BRIAN MAY PATRICK MOORE CHRIS LINTOTT

BANG!

ISTORIA COMPLETĂ A UNIVERSULUI



BANG!

ISTORIA COMPLETĂ A UNIVERSULUI

BRIAN MAY   PATRICK MOORE   CHRIS LINTOTT

rao
enciclopedia rao

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
MAY, BRIAN
Bang! Istoria completă a Universului / Brian May, Patrick Moore, Chris Lintott; trad. Liana Stan. – București: Enciclopedia RAO, 2007
Index
ISBN 978-973-717-161-0
I. Moore, Patrick
II. Lintott, Chris
III. Stan, Liana (trad.)
524.8

Bang! The Complete History of the Universe
Text © Patrick Moore and Duck Productions Limited 2006
Design © Carlton Books Limited 2006

Editor Robin Rees

Concepție grafică Brian Smallwood

Diagrame James Symonds

Editor de proiect Julian Brigstocke

Director artistic Harriet Athay

Grupul Editorial RAO
Str. Turda 117-119,
sector 1, București
e-mail: office@raobooks.com
www.raobooks.com
www.rao.ro

Bang! Istoria completă a Universului
© Enciclopedia RAO, 2007
pentru versiunea în limba română

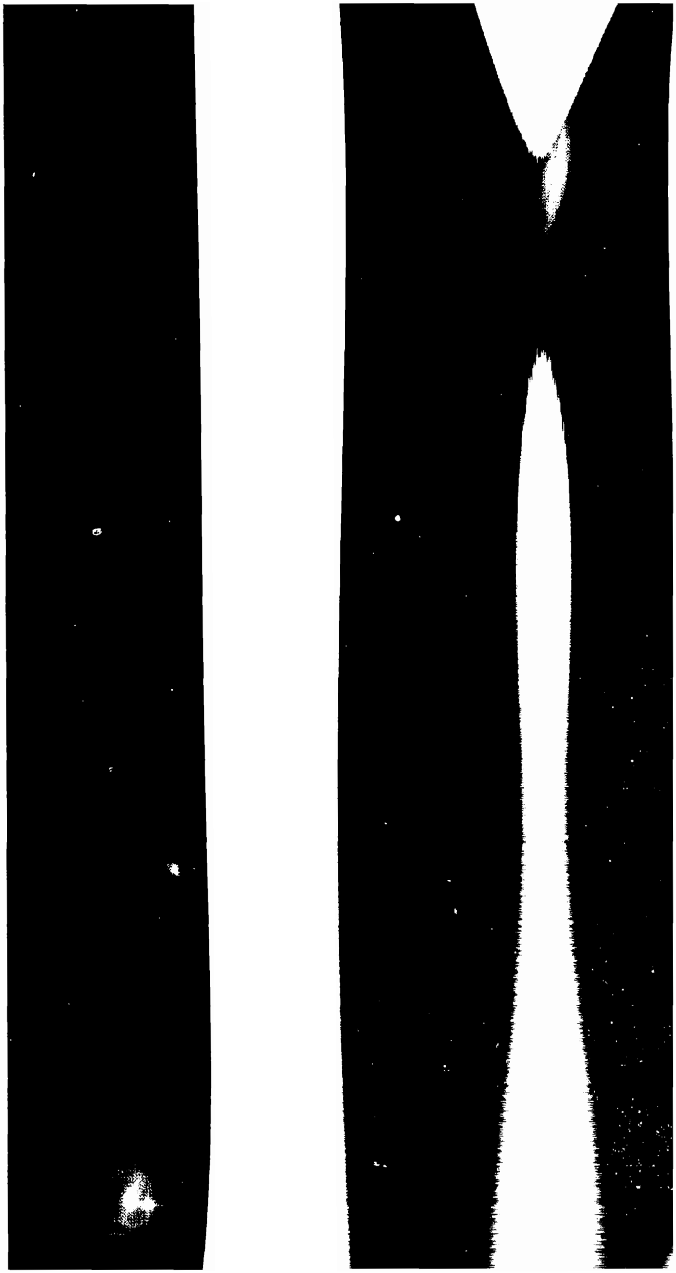
Traducere din limba engleză
Liana Stan

Orice reproducere sau preluare parțială sau integrală, prin orice mijloc, a textului și/sau a iconografiei lucrării de față este strict interzisă, acestea fiind proprietatea exclusivă a editorului.

ISBN 978-973-717-161-0

Imaginea alăturată. Galaxia spirală NGC 3370, văzută prin telescopul spațial Hubble.
Imaginea următoare. Mii de galaxii pot fi observate în această imagine a Universului văzută prin telescopul Hubble. Deocamdată, Hubble Ultra Deep Field (Câmpul ultraprofund Hubble) este cea mai profundă perspectivă asupra Universului.

▶ Notă asupra copertei ◀
Explozia reprezentată în discul de pe copertă este concepută doar pentru amuzament și nu sugerează în nici un fel că Big Bangul a arătat vreodată așa. Nu ar fi niciodată cu putință ca un om să se plaseze în afara Universului în expansiune și să surprindă o asemenea imagine, pentru că, după cum vom vedea mai departe, spațiul și timpul nu există – nu avem unde să ne plasăm! Totuși, avem o poziție și mai privilegiată – ne aflăm, de fapt, înăuntrul unei enorme explozii și, cu cât cercetăm mai atent spațiul, cu atât ne dăm mai bine seama că pretutindeni în jurul nostru, oriunde ne uităm, Big Bangul este ceea ce vedem.



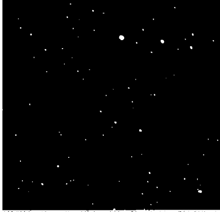
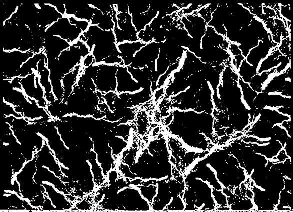
Prefață PAGINA 11

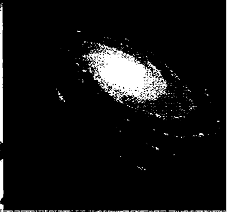
INTRODUCERE
Atracția cerurilor
PAGINA 14

CAPITOLUL 1
Geneza: începutul
PAGINA 24

CAPITOLUL 2
Și atunci s-a făcut lumină
PAGINA 42

CAPITOLUL 3
Universul în evoluție
PAGINA 70



DE LA 10^{-43} PÂNĂ LA 10^{-32} SECUNDE

DE LA 300 000 LA 700 DE MILIOANE DE ANI

DE LA 700 DE MILIOANE LA 9 MILI

BIG BANG TIMP DUPĂ BIG BANG (D.B.)

Epilog PAGINA 152
Ghid de astronomie practică PAGINA 154
Biografii PAGINA 170
Cronologia Universului PAGINA 184
Glosar PAGINA 185
Indice PAGINA 189
Credite fotografice PAGINA 192

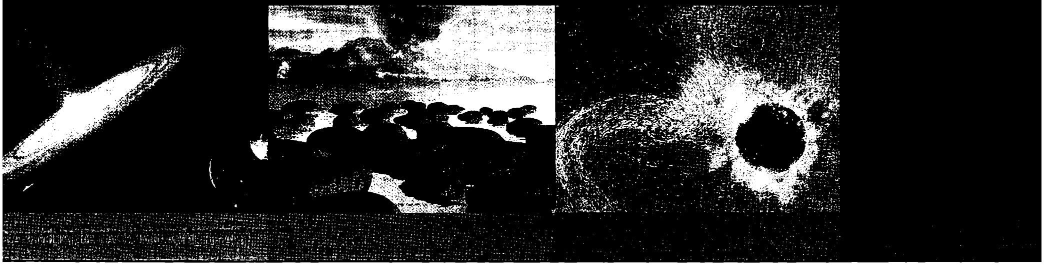
CUPRINS

CAPITOLUL 4
Stele și planete
PAGINA 88

CAPITOLUL 5
Apariția vieții
PAGINA 106

CAPITOLUL 6
Spre viitor
PAGINA 124

CAPITOLUL 7
Sfârșitul Universului
PAGINA 144



PREZENT

INFINIT?

PREFAȚĂ

Nici unul dintre noi nu ar putea să discute astăzi despre așa-numitul „Big Bang” („Marea Explozie”) dacă un astronom care considera ridicolă această idee nu și-ar fi exprimat neîncrederea exclamând: „Big Bang!”

De la sfârșitul anilor 1940, eminentul astronom britanic Fred Hoyle a fost un susținător cunoscut al ipotezei creației continue (sau al stării stabile), propusă inițial de Hermann Bodi și Thomas Gold. Din motive filozofice, Hoyle a fost atras de această idee, conform căreia Universul la scară largă ar trebui să nu se schimbe cu trecerea timpului. El și alți cercetători au observat că părțile componente ale Universului se îndepărtează unele de altele, o descoperire făcută de Edwin Hubble în anii 1920. Prin urmare, pentru ca lucrurile să fie în continuare la fel, teoreticienii stării stabile au dedus că pretutindeni trebuie să apară constant materie nouă care să înlocuiască pierderea (un concept denumit „creație continuă”), rezultatul fiind că Universul va rămâne întotdeauna la fel. În același timp, cosmologul ucrainean George Gamov susținea că, dimpotrivă, Universul ar fi putut apărea într-o clipă și că nu era deloc într-o stare stabilă. Într-o emisiune difuzată la radio în 1949, Hoyle a afirmat cu tărie că dovezile furnizate de observațiile curente contraziceau teoriile conform cărora întreaga materie a fost creată printr-un „Big Bang”, inventând astfel, fără să-și dea seama, termenul care de atunci a fost întotdeauna folosit pentru a descrie teoria împotriva căreia a luptat toată viața.

◄ **Cerul emisferei sudice**

Văzută din New South Wales, Australia, această imagine circulară a cerului în timpul nopții având un unghi vizual de 200 de grade a fost surprinsă cu un obiectiv „ochi de pește”. Cometa Hyakutake se vede în partea de sus. Pata neclară dinspre partea de jos este Norul Mare al lui Magellan, o mică galaxie învecinată pe cale de a fi consumată de galaxia noastră, Calea Lactee, vizibilă ca o fâșie strălucitoare. Privind partea cea mai strălucitoare din stânga ne uităm spre centrul galaxiei noastre.

◄ **Autorii**

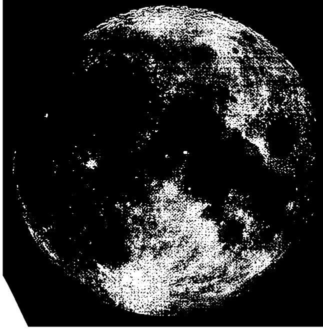
Chris Lintott și Brian May stau lângă Patrick Moore, pregătindu-se să observe trecerea planetei Venus în 2004.

▶ Grup de stele tinere

Asemănat de unii cu fața unei maimuțe mandril, grupul de stele NGC2467 este o crescătorie de stele foarte activă, în care se formează continuu stele din nori mari de praf și gaze.

▼ Luna

Luna plină în toată splendoarea ei, văzută prin observatorul lui Patrick.



În anii 1950 și la începutul anilor 1960, s-a iscat un conflict între cele două teorii, însă treptat s-au strâns dovezi tocmai în favoarea exploziei primare pe care Hoyle o găsise atât de insuportabilă. În sfârșit, în 1964 teoria stării stabile a primit o lovitură mortală, când Penzias și Wilson au descoperit (la început fără să-și dea seama) fondul cosmic de microunde (sau radiația cosmică de fond de microunde) – ecoul actual al marii explozii însesi, reverberând în întreaga Creație după miliarde de ani.

Teoria Big Bangului (sau, mai exact, ansamblul de teorii) este, așa cum spune și numele, doar o teorie – un model virtual construit pentru a corespunde dovezilor disponibile pe care le descoperim în timp ce observăm și măsurăm Universul în care trăim. În astronomie, modelele apar și dispar. Nu avem încă toate dovezile, așa că am fi surprinși dacă peste câțiva ani capitole importante din lucrarea de față nu vor trebui rescrise. Însă povestea pe care o spunem în aceste pagini constituie ceea ce majoritatea astronomilor consideră în prezent a fi un model bun.

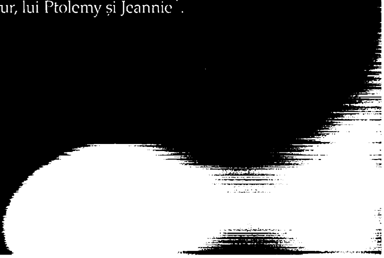
Ne-am propus să vă spunem principala noastră poveste, povestea evoluției Universului însuși, în ordinea în care s-au întâmplat lucrurile, așa că am hotărât să prezentăm anecdotele istorice și alte informații amuzante în casetele pe care le-am numit cu drag „zone gri", mai degrabă decât să le includem în textul principal. Dacă doriți să aflați povestea Universului fără întreruperi, puteți sări peste materialul prezentat în zonele gri, pe care îl puteți citi mai târziu. Rețineți că povestea principală începe în Capitolul 1. În continuare, fiecare capitol care urmează descrie evenimentele care s-au petrecut într-o anumită perioadă de timp, până în prezent și chiar mai departe, spre cele mai îndepărtate zări ale viitorului pe care îl putem anticipa, dar care este încă aproape inimaginabil de departe.

Din când în când, în colțul din dreapta sus al paginii veți găsi o trimitere utilă la timpul absolut, menită să vă amintească până unde am avansat în timp. Convenția pe care am adoptat-o în această carte a fost să lucrăm pe o scală a timpului absolut, unde zero este momentul creației; pentru simplificare, etapele de pe această scală au fost notate cu D.B. (după Bang).

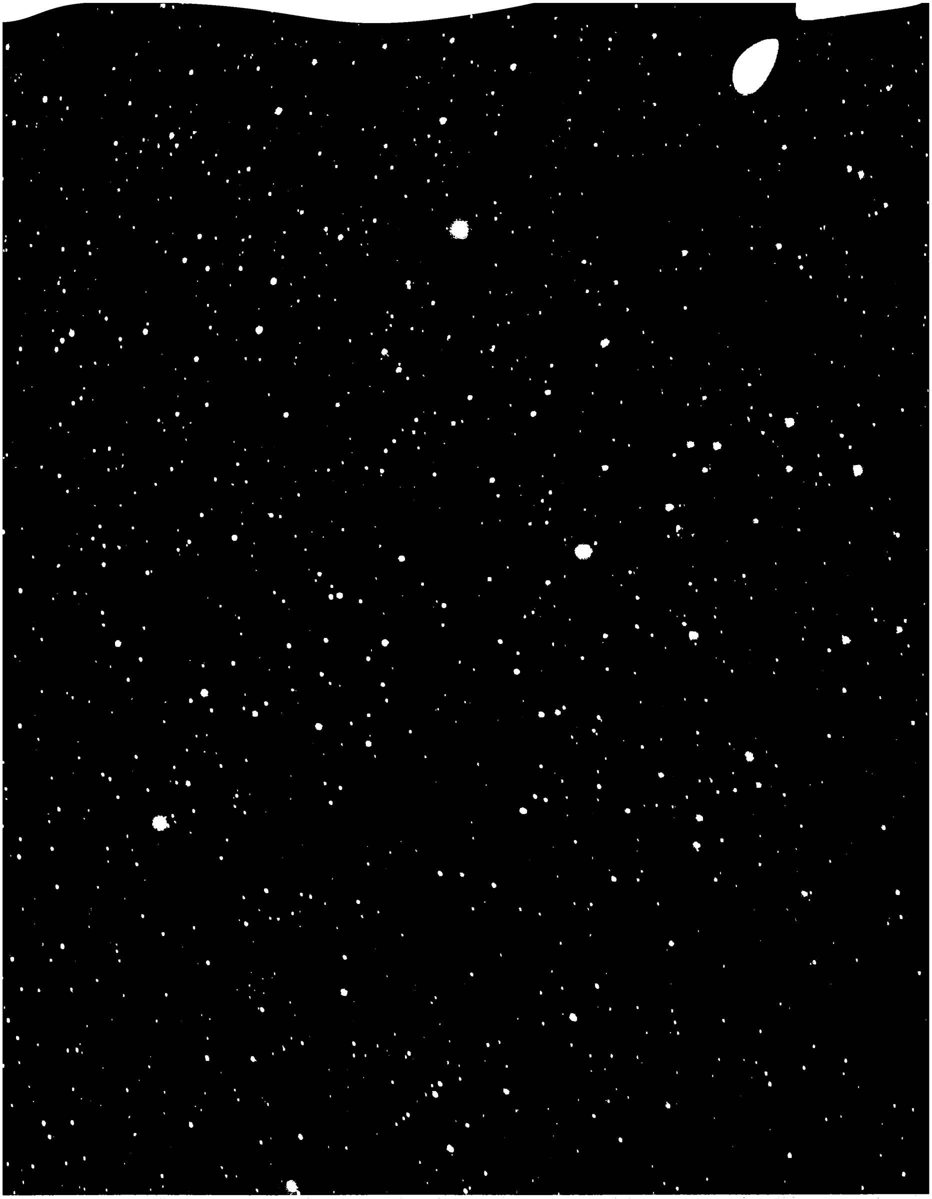
Descoperirile pe care le descriem în această carte au fost făcute de câțiva pionieri remarcabili ai astronomiei și științei. Biografiile acestora sunt prezentate la sfârșitul cărții, unde există și o introducere în astromonia practică, scrisă de Patrick; la urma urmei, toți am început prin a privi noaptea cerul și prin a ne întreba ce înseamnă totul.

Pentru ajutor și inspirație...

Mulțumirile noastre lui Jimmy Alvarez, Tim Benham, Sara Bricusse, David Burder, Marcus Chown, Adam Corrie, Jane Fletcher, John Fletcher, Garry Hunt, Roger Prout, Phil Webb, mașinilor de scris Woodstock... și, desigur, lui Ptolemy și Jeannie*.

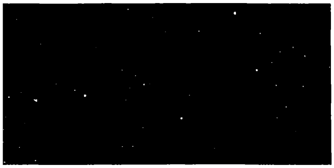


* Pisicile lui Patrick Moore (n.tr.)



INTRODUCERE

Atracția cerurilor



▲ **Carul Mare**
Poate cea mai cunoscută dintre toate „constelatiile", Carul Mare nu este considerat de către astronomi ca fiind o constelatie completă. Cuprinde cele mai strălucitoare șapte stele ale Ursei Mari *(Ursa Major)*.

▶▶ **Răsăritul Pământului**
Această fotografie cu autograf făcută din nava spațială *Apollo 8* i-a fost oferită lui Patrick chiar de către comandantul misiunii, Frank Borman în persoană. *Apollo 8* a fost prima misiune care a transportat oameni pe fața nevăzută a Lunii.

▼ **Un alt pas mic**
Buzz Aldrin părăsește modulul lunar pentru a păși alături de Neil Armstrong pe suprafața Lunii. „M-am dus să închid parțial trapa, asigurându-mă că nu o încui când ies", a spus el. „Te-ai gândit bine", a răspuns Armstrong.

Priviți în sus într-o noapte senină și veți vedea stele – sute, poate chiar mii de stele, dacă aveți norocul să locuiți departe de poluarea luminoasă a orașelor moderne. Cerurile par cuprinse de flăcări. Mulți oameni știu astăzi că aceste puncte minuscule, sclipitoare sunt sori, mulți dintre ei mult mai mari, mai fierbinți și mai puternici decât al nostru, și că Pământul pare o planetă insignifiantă, poate chiar mai puțin importantă în Universul vast decât un singur fir de nisip în deșertul Sahara. Dar ce se ascunde îndărătul tuturor acestor astre? Cum a apărut Universul? Cum evoluează el și cum va sfârși, dacă într-adevăr va dispărea vreodată?

Astronomii încearcă să răspundă la aceste întrebări și este cu adevărat remarcabil că niște ființe minuscule, care trăiesc pe o planetă micuță ce se mișcă în jurul unei stele banale, au fost capabile să scruteze profunzimile spațiului, să detecteze lumină venind din sisteme stelare incredibil de îndepărtate și chiar să trimită aparate în alte lumi. Se prea poate ca alte civilizații să fie mai avansate decât a noastră, iar cunoștințele noastre despre cosmos ar putea fi considerate primitive, însă ca rasă am început măcar să înțelegem Universul în care trăim. În lucrarea de față vom încerca să spunem povestea Universului cât putem de bine – începând de la crearea lui, cu mult înainte ca Pământul să existe, până în prezent și continuând cu viitorul, când planeta noastră nu va mai fi nici măcar o amintire. Sunt multe lucruri pe care nu le știm și pe care nu le vom ști, poate, niciodată, dar am progresat mult de când strămoșii noștri au privit spre astre, așa cum facem noi azi, și s-au întrebat ce sunt.

Trăim în epoca de aur a astronomiei. Noile instrumente de observație precum telescopul spațial Hubble, care se deplasează pe orbită în jurul Pământului dincolo de atmosfera lui cețoasă, ar fi fost de neînchipuit cu doar câteva decenii în urmă. Un alt factor esențial pentru progresele uimitoare din ultimii cincizeci de ani au fost sistemele informatice tot mai performante pe care oamenii de știință le-au avut la dispoziție.

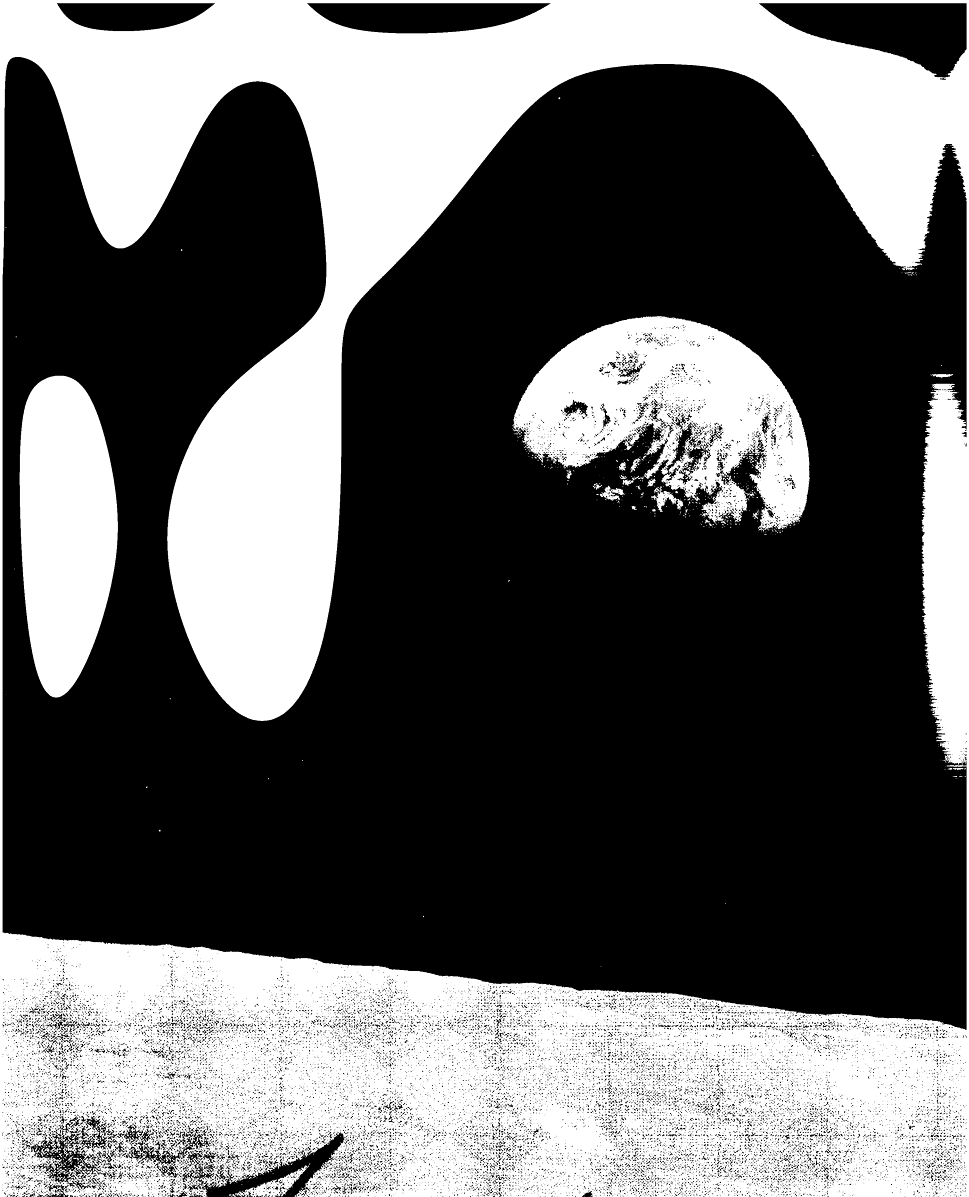
În nici un alt domeniu nu a existat recent un progres la fel de spectaculos ca în cosmologie – studiul evoluției trecute, prezente și viitoare a Universului la scara cea mai mare. În secolul XX, majoritatea astronomilor au susținut multă vreme teza că Universul este static, uniform la scara cea mai mare și în mare măsură neshimbător în timp. Imaginea pe care o avem astăzi despre Univers este cum nu se poate mai diferită.

Unde suntem?

În povestea noastră avem de-a face cu distanțe imense și cu perioade de timp foarte mari. Pământul, o sferă cu diametrul de aproximativ 12 800 km, se mișcă în jurul Soarelui la o distanță de 150 000 000 km; el este una dintre cele nouă planete care, împreună cu alte corpuri mai mult sau mai puțin însemnate, formează sistemul solar.

Cele mai multe dintre aceste planete au sateliți; și Pământul are unul, bine-cunoscut, Luna, tovarășa noastră fidelă în spațiu, care ne însoțește în călătoria în jurul Soarelui. Asemenea planetelor, ea strălucește pentru că reflectă lumina Soarelui. Luna se află la doar 400 000 km de noi, de aceea pare atât de impunătoare. Este singurul obiect cosmic în afară de Pământ pe care oamenii au ajuns, și nici unul dintre martorii aselenizării din 1969 nu va uita vreodată senzația de triumf pe care a simțit-o când Neil Armstrong a făcut „un pas mic pentru [un] om, un pas uriaș pentru omenire" pe rocile sterpe ale Mării Liniștii de pe Lună.

Dar sistemul solar este un element neînsemnat al Universului. Galaxia noastră, numită Calea Lactee, conține cel puțin o sută de miliarde de sori (în cartea de față, un miliard este echivalent cu o mie de milioane) și știm că mulți sori sunt însoțiți de planete, dar nu știm dacă pe aceste planete există viață, ca să nu mai vorbim de ființe inteligente.



▶▶ Nebuloasa Trifid (M20)

Nebuloasa Trifid este un nor uriaș de praf si gaze din care se formează stele. Filamentele strălucitoare vizibile în această imagine în infrarosu surprinsă de telescopul spațial Spitzer sunt zonele unde se formează stele. Aceste zone nu pot fi văzute prin instrumente sensibile doar la lumina vizibilă.

▼ Orion

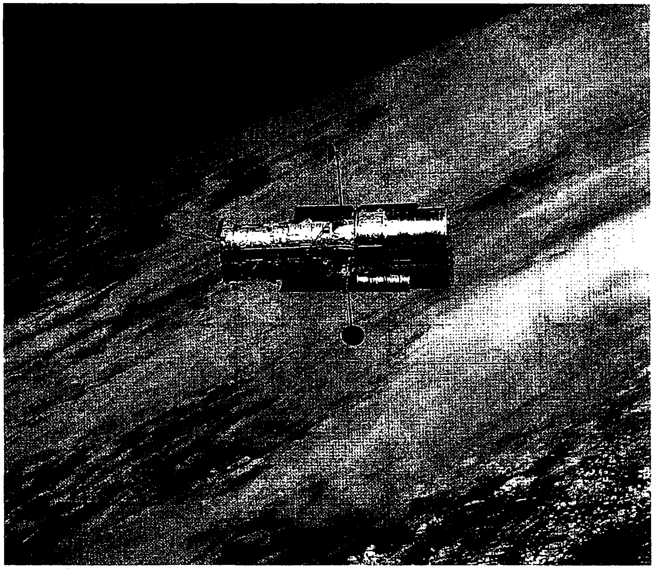
Cele mai strălucitoare stele ale acestei constelații magnifice, care se văd foarte bine iarna, au sugerat conturul unui bărbat încă din timpuri preistorice; îl cunoastem sub numele de Orion Vânătorul. Steaua portocalie strălucitoare din stânga sus – umărul vânătorului – este Betelgeux. Steaua albă-albăstrie din dreapta jos este Rigel si reprezintă un picior al vânătorului. Între ele, se află trei stele aproape aliniate – centura lui Orion. Șirul de stele mai mic de la centură în jos formează sabia lui Orion și include nebuloasa Orion, zona cea mai apropiată de Pământ în care se formează stele, vizibilă cu ochiul liber ca o lumină neclară în jurul stelei centrale a sabiei.

Cu viteza luminii

Stelele sunt departe. A încerca să exprimăm distanțele în kilometri ar fi la fel de greoi ca a exprima distanța dintre Londra și New York în centimetri, însă, din fericire, există o unitate de măsură mai bună pe care o putem folosi. Lumina nu călătorește instantaneu, ci se propagă cu viteza de 300 000 km/s, astfel încât într-un an parcurge aproape 9,6 mii de miliarde km. Această distanță a fost numită an-lumină (o unitate de măsură a distanței, nu a timpului). Cea mai apropiată stea de dincolo de Soare se află la doar 4 ani-lumină depărtare, iar corpurile cerești cele mai îndepărtate înregistrate se află la peste 12 miliarde de ani-lumină.

Văzute de la distanțe atât de mari, stelele strălucesc ca niște puncte mici de lumină. Totuși, aparențele sunt înșelătoare; multe dintre stelele vizibile în orice noapte senină sunt mult mai luminoase decât Soarele și mult mai mari. De exemplu, Betelgeux din constelația Orion, aflată la peste 300 de ani-lumină, este enormă. Întreaga orbită a Pământului în jurul Soarelui ar putea încăpea în ea. Au fost descoperite unele caracteristici ale suprafeței acesteia, însă doar Soarele este destul de aproape pentru a putea fi studiat în detaliu – o mare parte dintre cunoștințele noastre despre stele în general se bazează pe ceea ce am aflat studiind această stea învecinată. Din fericire, Soarele este o stea foarte normală, nici deosebit de puternică, nici deosebit de slabă, și nu la fel de schimbătoare ca multe altele. Astronomii îl clasează în categoria stelelor pitice, însă se pare că, de fapt, este puțin mai mare decât media – iar stelele gigantice precum Betelgeux sunt mult mai puțin numeroase decât cele pitice.

Putem înțelege foarte multe lucruri dacă ne uităm la culorile stelelor. Așa cum spunem despre obiecte că au o culoare „roșu ca focul" sau „alb incandescent", cele albe fiind mai încinse decât cele roșii, la fel culorile stelelor reflectă temperaturile lor. De exemplu, Betelgeux



◀ **Telescopul spațial Hubble**
Abia atingând atmosfera Pământului la 600 km înălțime, acest telescop unic a revoluționat cunoștințele noastre despre Univers de la lansarea lui în 1990.

pare roșie pentru că este mai rece decât Soarele nostru, în timp ce Rigel – cealaltă stea strălucitoare din constelația Orion – este albă-albăstruie și mult mai fierbinte decât Soarele, care este galben și are o temperatură și o mărime medii.

Istoria timpului

Datorită distanțelor mari dintre astre, când privim stelele luăm parte la o călătorie în timp, fără să avem nevoie de o mașină a timpului ca a lui H.G. Wells sau de Tardis, cabina telefonică fantastică a lui Dr. Who. Gândiți-vă la Sirius, care noaptea este steaua cea mai strălucitoare de pe cer și poate fi observată mai multe luni în fiecare an. Este de 26 de ori mai puternică decât Soarele și se află la o distanță de 8,6 ani-lumină – adică aproximativ 80 de mii de miliarde km. Este nevoie de 8,6 ani pentru ca lumina ei să ajungă la noi, astfel încât, dacă ne uităm la această stea în 2007, o vedem așa cum arăta în 1999.

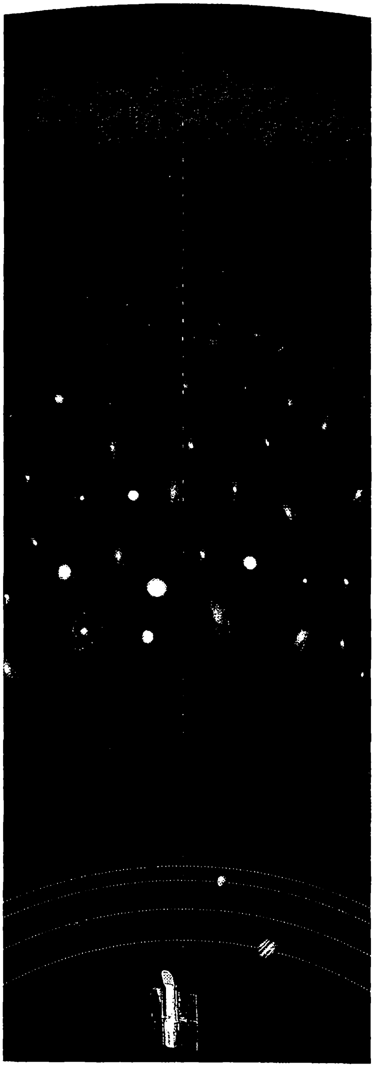
Steaua Polară (Polaris), pe care o pot recunoaște mulți oameni (cu siguranță toți navigatorii), se află la o distanță de aproximativ 400 de ani-lumină de noi. Lumina pe care o vedem venind dinspre ea acum a părăsit această stea în jurul anului 1606 – și orice astronom care s-ar afla acolo și ar fi echipat cu un telescop suficient de puternic ar putea să privească spre Pământ și să vadă Anglia așa cum era pe vremea lui Shakespeare.

Lumina care ajunge acum la noi dinspre Rigel și-a început călătoria către noi în timpul Cruciadelor, recent după standardele Universului în ansamblu. În prezent putem studia corpuri cerești care sunt atât de departe încât le vedem așa cum erau cu mult înainte ca Pământul să existe. Această călătorie în timp este esențială pentru a înțelege Universul;

◀◀ **Cvartetul lui Robert**
Acest grup compact de patru galaxii se află la o distanță de aproximativ 160 de milioane de ani-lumină de Pământ. Pe lângă faptul că sunt foarte frumoase, asemenea grupuri mici sunt niște laboratoare excelente pentru studierea interacțiunilor între galaxii.

▶ Privind în urmă la Big Bang

Privind în spatiu, privim pur si simplu în trecut. Lumina pe care o vedem venind dinspre planetele din sistemul nostru solar și-a început călătoria cu doar câteva minute în urmă, dar când observăm galaxiile cele mai îndepărtate pe care telescopul Hubble le-a putut fotografia, le vedem asa cum erau acum 12 miliarde de ani. În această diagramă schematică, noi, observatorii, ne aflăm în partea de jos a imaginii și privim în sus. Nu vom putea niciodată să vedem lumina emisă chiar de Big Bang, dar credem că știm când a avut loc. În această diagramă, el reprezintă punctul cel mai îndepărtat, de sus – începutul timpului.



putem efectiv să vedem o mare parte din povestea pe care dorim să o înțelegem. De exemplu, dacă presupunem că galaxiile erau mult mai mici în trecut, le putem efectiv observa pentru a confirma acest lucru. Când ne uităm la galaxii aflate la o distanță de 6 miliarde de ani-lumină, credem că vedem Universul în care propria noastră galaxie s-a aflat acum 6 miliarde de ani.

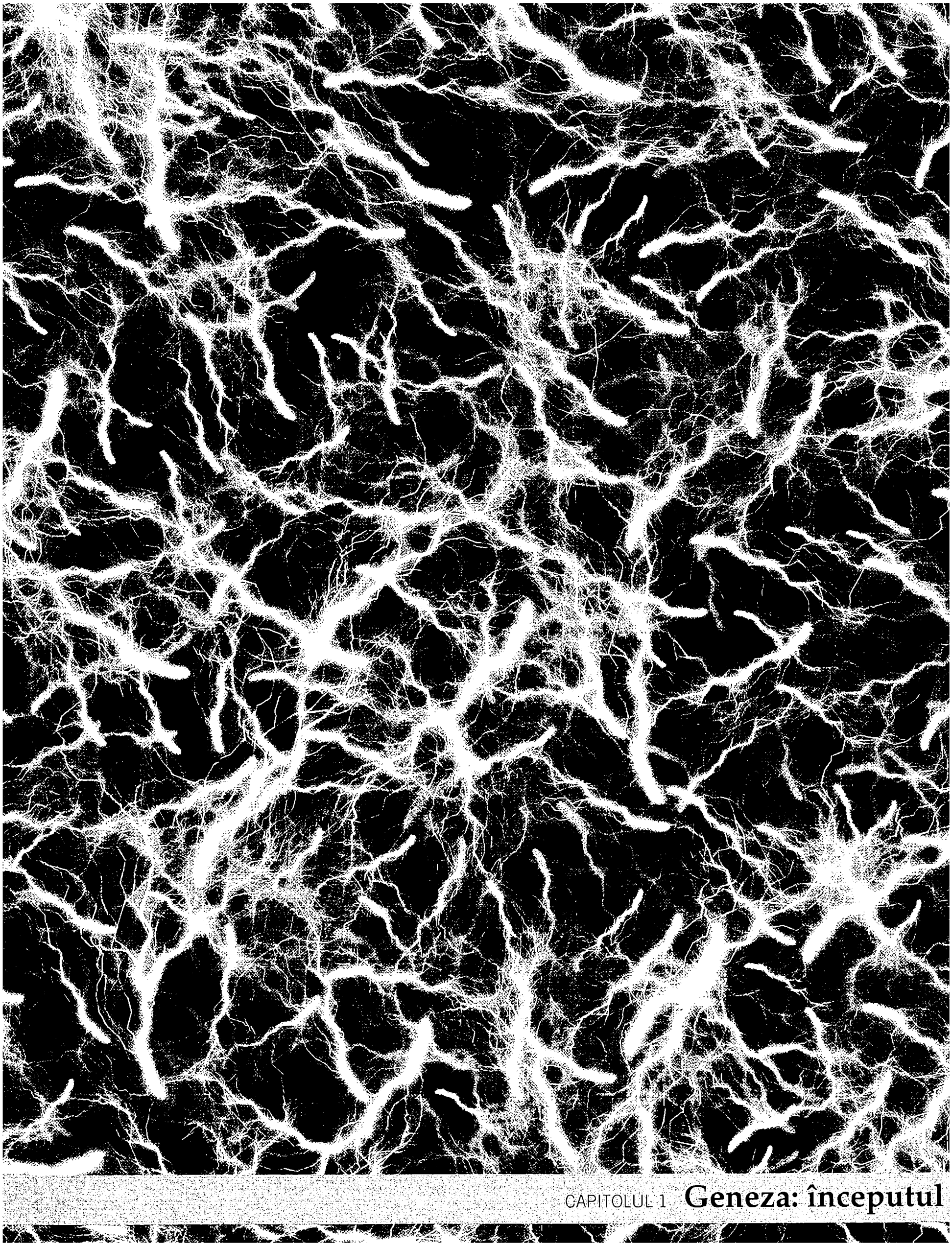
Dacă scala distanțelor solicită un efort de imaginație, scala temporală este la fel de uluitoare. Folosind diferite metode, oamenii de știință afirmă că Pământul are aproximativ 4,6 miliarde de ani și s-a format dintr-un nor de praf și gaze ce înconjura tânărul Soare; însă noi, oamenii, suntem nou-veniți pe scena terestră. Pentru a înțelege bine acest lucru, să ne imaginăm o scară a timpului în care vârsta Pământului este reprezentată de un an: planeta noastră a apărut pe 1 ianuarie la miezul nopții. Primele forme de viață au apărut la începutul lui mai, peștii doar la mijlocul lui noiembrie, iar primele incursiuni pe uscat au avut loc la sfârșitul lui noiembrie. Reptilele au dominat lumea în primele săptămâni ale lui decembrie; dinozaurii au dispărut în jurul datei de 15 decembrie, în timp ce mamiferele au intrat discret în scenă, însă abia în dimineața zilei de 31 decembrie a apărut omul-maimuță. Întreaga istorie a lui *Homo sapiens* este comprimată în ultima oră a ultimei zile a anului. Isus Hristos a apărut pe Pământ în urmă cu mai puțin de un minut.

Suntem destul de siguri de scala distanțelor și de vârsta Pământului. Am făcut progrese formidabile în ce privește estimarea vârstei Universului așa cum îl cunoaștem; cea mai recentă cifră la care s-a ajuns (13,7 miliarde de ani) este probabil corectă cu o marjă de eroare de câteva procente. Totuși, se pune o problemă deosebit de importantă.

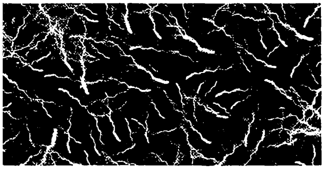
Un lucru se impune de la sine, și anume că existăm; suntem formați din atomi și molecule, iar această materie trebuie să fi fost creată într-un fel sau altul. Fie a existat dintotdeauna, fie a fost produsă la un moment dat. Nici una dintre aceste ipoteze nu este ușor de acceptat. Dacă materia din care suntem făcuți a existat dintotdeauna, trebuie să ne imaginăm o perioadă de timp care nu are un început. Dacă a apărut brusc acum 13,7 milioane de ani, ce s-a întâmplat înainte? A existat un „înainte"?

Răspunsul matematic este că timpul a început odată cu Universul, prin urmare nu a existat un „înainte". Acest răspuns poate fi corect teoretic, dar este cu siguranță nesatisfăcător. În studiul Universului, considerăm timpul drept a patra coordonată – de exemplu, scriem această carte într-un loc aflat la latitudinea 50° Nord și longitudinea 0,41° Vest, la câțiva metri peste nivelul mării, dar pentru a ne găsi trebuie și să specificați un anumit timp – ne puteți găsi acolo spre sfârșitul lui 2006. Totuși, această reprezentare simplă nu poate fi folosită pentru distanțe astronomice. Să presupunem că în viitorul îndepărtat astronomii vor dori să realizeze simultan un experiment pe Pământ și pe steaua cea mai apropiată, Proxima Centauri, care se află la ceva mai mult de patru ani-lumină. Dat fiind că nici un alt tip de informație nu poate călători mai repede decât lumina, un semnal luminos trimis între cele două sisteme nu va fi suficient pentru a coordona experimentul – timpul nu este un lucru absolut asupra căruia toți observatorii să fie de acord.

În mijlocul incertitudinilor, putem doar să facem presupuneri inteligente. Poate pare hazardat, dar aceasta este în esență metoda științifică. Pentru a explica un fapt observat, este propusă o teorie, folosită pentru a face previziuni. Aceste previziuni pot fi verificate făcând noi observații. Dacă previziunile se confirmă, teoria este bună; dacă nu, trebuie să ne gândim mai bine. În capitolele următoare, vom folosi la construcția modelului nostru asupra istoriei Universului teoriile care au rezistat cel mai bine cercetării atente a astronomiei experimentale actuale. Și, astfel, la început...



CAPITOLUL 1 Geneza: începutul



▲ **Haosul cosmic**

Universul aproape infinit de mic, haotic, la o mică fracțiune de secundă după Big Bang. În această imagine, liniile strălucitoare reprezintă particule efemere continuu create și anihilate când se ciocnesc una de alta.

▶▶ **Galaxia Andromeda (M31)**

Privind dincolo de stelele roșii ale galaxiei noastre, care se află în prim-plan, vedem galaxia cea mai apropiată, care cuprinde poate 200 de miliarde de stele.
În imaginea surprinsă în ultraviolete de satelitul GALEX, regiunile în care se formează stele sunt evidențiate în albastru, în timp ce părțile mai vechi ale sistemului, unde gazul s-a transformat în stele, sunt galbene sau portocalii. Aflată la o distanță de 2,7 ani-lumină, este cel mai îndepărtat obiect cosmic care poate fi văzut ușor cu ochiul liber.

Spațiul, timpul, materia, totul a apărut printr-un Big Bang (o mare explozie) acum 13, 7 milioane de ani. Universul era un loc ciudat – cât se poate de ciudat. Nu existau planete, stele sau galaxii; exista doar un amestec de particule elementare. Acestea umpleau Universul. Mai mult, întregul Univers era mai mic decât vârful unui ac și era incredibil de fierbinte. Deodată a început să se extindă – și de la acest început bizar, neașteptat, a continuat să se mărească până când a ajuns așa cum îl vedem astăzi.

Știința modernă nu poate descrie sau explica nimic din ceea ce s-a întâmplat în primele 10^{-43} secunde după Big Bang. Acest interval de 10^{-43} secunde este cunoscut ca timpul Planck, după numele savantului german Max Karl Ernst Planck. Acesta a fost primul care a introdus conceptul că energia nu poate fi considerată un flux continuu, ci există sub formă de cantități mici sau „cuante". Fizica modernă se bazează acum în mare parte pe teoria cuantică; aceasta se ocupă de studiul Universului la dimensiunile cele mai mici și reprezintă cu siguranță una dintre cele două mari realizări ale științei teoretice în secolul XX. Cealaltă mare realizare este teoria generală despre relativitate a lui Einstein, care se ocupă de fizica la scară foarte mare – la scară astronomică, de fapt.

Deși, în domeniile lor, ambele teorii sunt extrem de bine verificate prin experimente și observații, există dificultăți majore în a le pune de acord, în special pentru că tratează timpul în moduri complet diferite. Teoriile lui Einstein tratează timpul ca pe o coordonată; acesta este prin urmare continuu și trece lin de la un moment la altul. Pe de altă parte, în teoria cuantică, timpul Planck reprezintă o limită fundamentală – unitatea cea mai mică de timp despre care se poate spune că înseamnă ceva, unitatea cea mai mică pe care am putea vreodată, chiar și teoretic, să o măsurăm. Chiar dacă am construi cel mai precis ceas cu putință, tot am vedea cum sare într-un mod mai degrabă neregulat de la un timp Planck la următorul.

Încercarea de a reconcilia aceste două concepții contradictorii asupra timpului este una dintre cele mai mari provocări pentru fizica secolului XXI (încercări recente sunt „teoria corzilor" și cea înrudită, a „membranelor"). Deocamdată, în Universul mic și fierbinte care a apărut imediat după Big Bang, fizica cuantelor este dominantă, așa că începem studiul nostru științific despre Univers după 10^{-43} de secunde de la început.

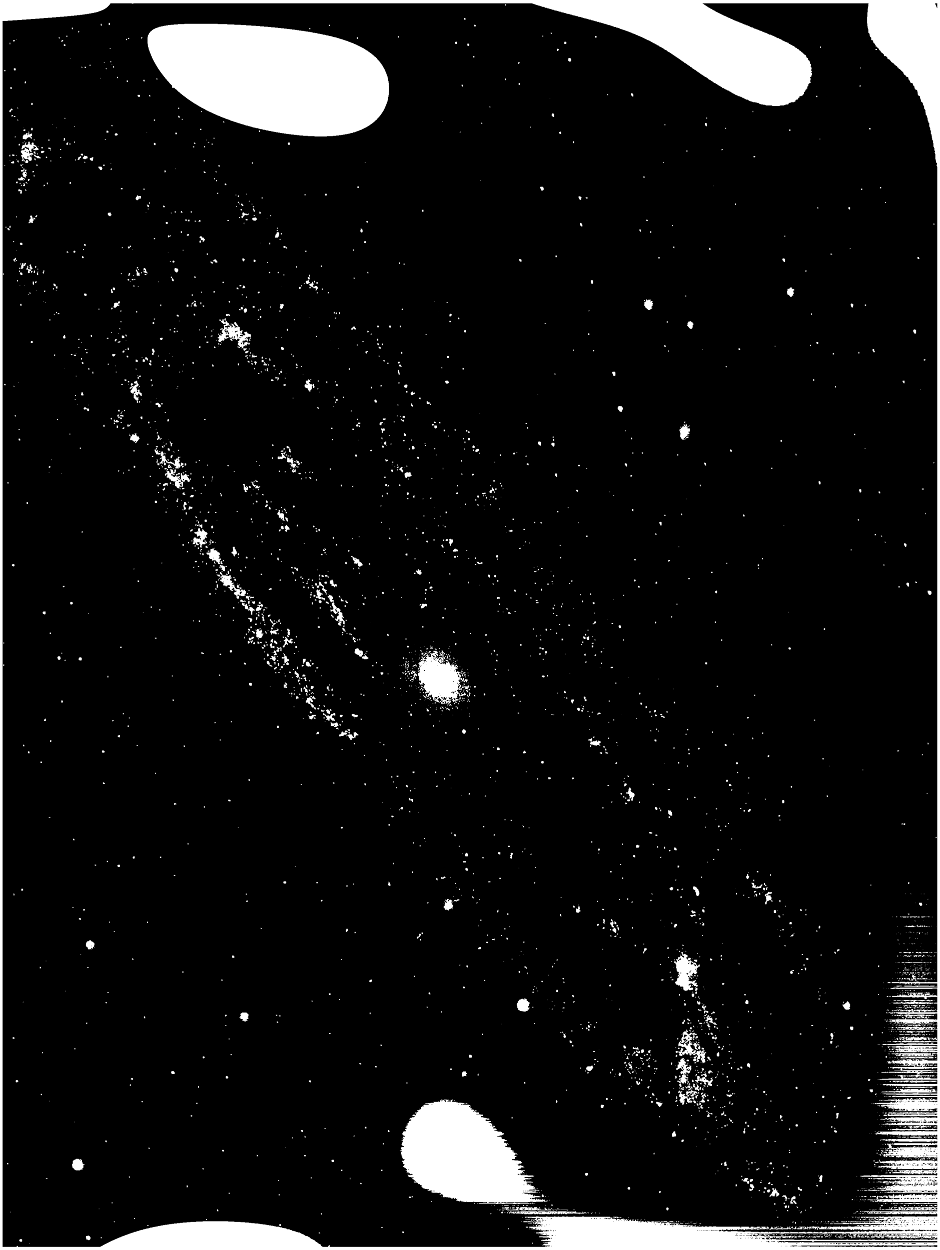
Big Bang este o idee care contrazice intuiția. Teoria unui univers static și infinit pare mult mai practică, însă există motive științifice solide pentru a crede că acest eveniment unic (marea explozie) a avut loc. Dacă acceptăm acest eveniment, putem schița întreaga succesiune de evenimente, de la acel prim timp Planck până azi, când ne aflăm pe ceea ce Carl Sagan a descris printr-o expresie memorabilă ca fiind „palidul [nostru] punct albastru".

Începutul timpului

Așadar, să privim înapoi către începutul Universului – imediat după Big Bang. Este tentant să ne imaginăm că Universul a explodat deodată într-un imens spațiu cosmic, dar este o idee greșită. Adevărul este că Big Bangul a creat spațiul, materia și, fapt esențial, timpul. Spațiul

Forma standard

[illegible]



▶▶ Structură de mari dimensiuni în Univers

Acest enorm grup de galaxii (AC03627), aflat la o distanță de 25 de milioane de ani-lumină, este un exemplu tipic pentru ceea ce am vedea probabil în orice direcție, dacă am putea vedea dincolo de praful și de gazul din propria noastră galaxie și din cele vecine. Grupuri ca acesta sunt cele mai mari obiecte din Univers, ținute laolaltă de atracția gravitațională reciprocă.

▼ Diviziunea cubică a spațiului

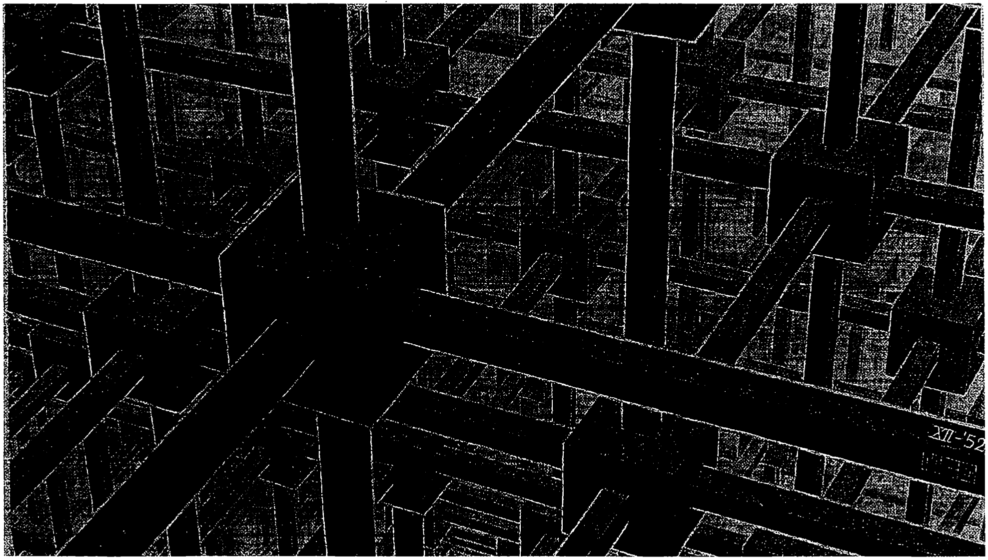
Artistul olandez M.C. Escher a creat această litografie în 1952. Născut în Olanda în 1898, lucrările lui au fost recunoscute pe plan internațional după ce prima sa expoziție importantă a beneficiat de o recenzie în revista *Time* în 1956. Matematicienii recunosc în lucrările sale extraordinara vizualizare a principiilor lor abstracte.

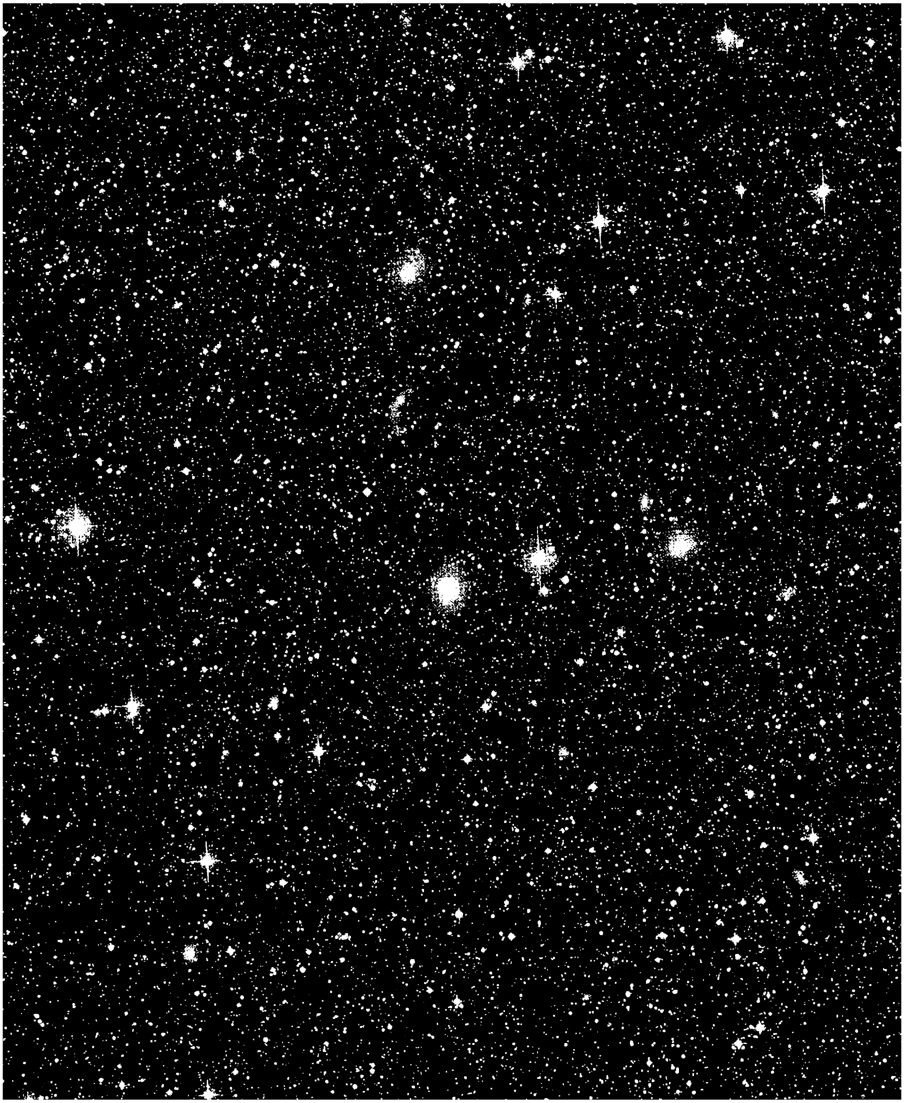
nu a apărut din „nimic"; înainte de momentul creației nu exista un „nimic". Timpul însuși nu începuse încă, așa că nici nu are sens să vorbim despre timp înainte de Big Bang. Nici măcar un Shakespeare sau un Einstein nu ar putea să explice acest lucru într-un limbaj simplu, deși o combinație a acestor două genii ar putea fi de folos!

Rezultă de asemenea că, atunci când vorbim despre Univers azi, nu are sens să ne întrebăm „unde" s-a produs Big Bangul. Spațiul a apărut doar odată cu Big Bangul însăși. Așadar, în acele prime fracțiuni de secundă, tot Universul pe care îl vedem astăzi se afla într-o mică regiune, mai mică decât nucleul unui atom. Big Bangul s-a întâmplat „peste tot" și nu a existat un punct central.

O pictură celebră a lui Escher, cunoscută sub numele nu prea romantic de *Diviziunea cubică a spațiului*, ilustrează foarte frumos acest lucru. Imaginați-vă că stați pe oricare dintre cuburile care marchează îmbinările din această structură, în timp ce fiecare dintre barele care unesc cuburile se lungește. Din punctul dumneavoastră de vedere, totul pare să se îndepărteze de dumneavoastră și, la început, vi s-ar putea părea firesc să conchideți că vă aflați într-o poziție specială – în centrul expansiunii. Totuși, dacă priviți lucrurile în perspectivă, vă dați seama că expansiunea ar arăta la fel oriunde v-ați afla în cadrul rețelei; nu există centru. Situația este foarte asemănătoare în Univers; fiecare grup de galaxii pare să se îndepărteze de noi și, totuși, niște observatori care ar privi spre noi de pe aceste stele îndepărtate ar avea aceeași iluzie și ar deduce, probabil, la fel ca noi, că fiecare dintre ei se află în centrul Universului în expansiune.

O altă problemă privește întrebarea frecventă și, la prima vedere, rațională: „Cât de mare este Universul?". Aici avem din nou o problemă majoră, și anume că par să existe două răspunsuri posibile la această întrebare. Sau Universul e finit, sau nu este. Dacă e finit, ce se află în exteriorul lui? Întrebarea nu are sens, spațiul în sine există numai în cadrul Universului,





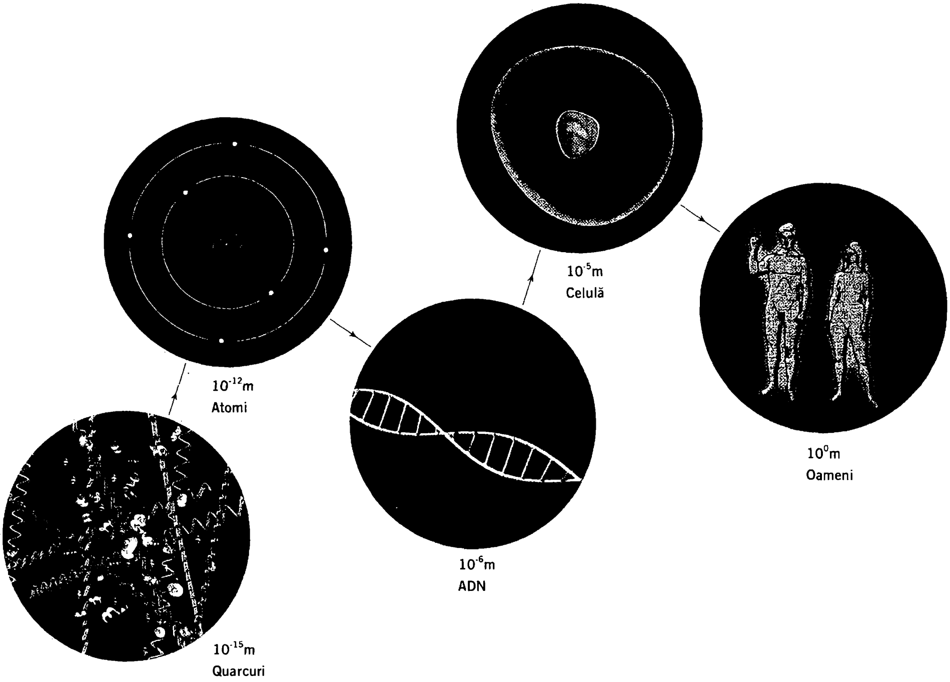
▼ De la invizibil la infinit

În prezent, putem studia corpuri de dimensiuni extreme. Dimensiunea oamenilor variază între unu și doi x 10^0 (adică 1) metri. Dacă măsurăm Pământul, obținem o cifră de ordinul a câtorva 10^6 (milioane) de metri. Scara experienței noastre pornește de la 10^{-15} metri, dimensiunea particulelor fundamentale care compun atomii – quarcuri etc., până la 10^{25}, dimensiunea întregului Univers observabil.

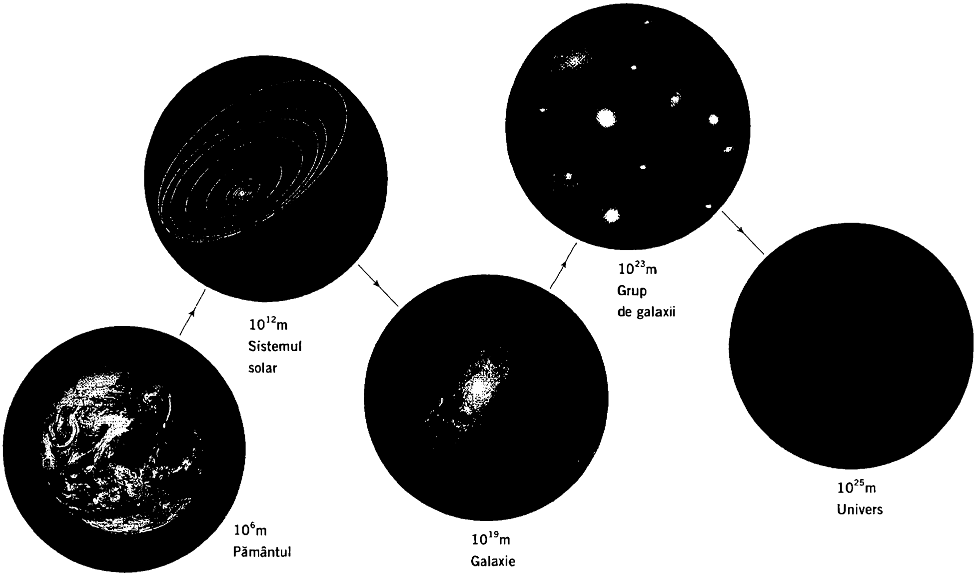
prin urmare nu există literalmente nici un „exterior". Pe de altă parte, a spune că Universul este infinit înseamnă, de fapt, a spune că mărimea lui nu poate fi definită. Nu putem explica infinitul în limbaj obișnuit, și nici măcar Albert Einstein nu putea (știm asta, pentru că Patrick l-a întrebat!).

Rețineți, de asemenea, că trebuie să considerăm timpul ca o coordonată; cu alte cuvinte, nu putem întreba pur și simplu: „Cât de mare este Universul?", căci răspunsul se va schimba cu timpul. Am putea întreba: „Cât de mare este Universul acum?", dar, așa cum vom vedea mai târziu, o consecință a relativității este că este imposibil să definim un singur moment numit „acum" care să aibă același înțeles în întregul Univers.

Dacă vorbim despre un Univers care are o anumită dimensiune, ne gândim imediat la o margine. Dacă am călători destul de departe, ne-am lovi oare de un zid de cărămidă? Răspunsul este nu – Universul este ceea ce matematicienii numesc finit, dar fără margini. O analogie utilă este aceea în care o furnică merge pe o minge. Mergând mereu în aceeași direcție pe suprafața curbă, ea nu va întâlni niciodată nici un obstacol și poate parcurge o distanță infinită – aceasta în ciuda mărimii finite a mingii, de care furnica nu-și va da deloc seama. La fel, dacă am porni într-o navă spațială în ceea ce percepem ca fiind o linie dreaptă, nu am ajunge niciodată la capătul Universului, dar aceasta nu înseamnă că este infinit; vom vedea mai departe că și spațiul poate fi considerat ca având o formă curbă.

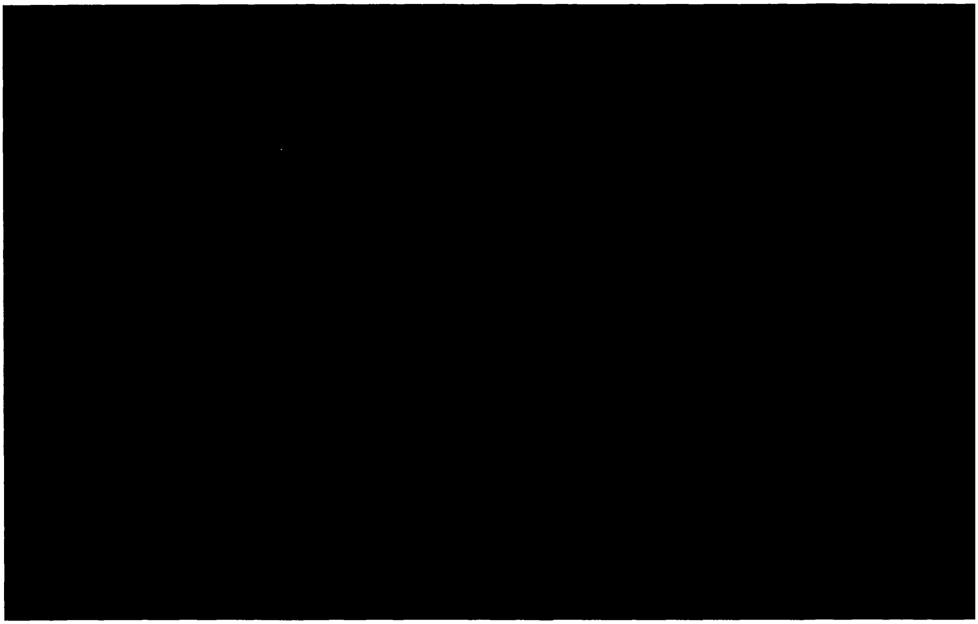


Așadar, să ne limităm la întrebări la care putem da răspunsuri științifice, adică la întrebări la care putem răspunde prin comparație cu observația. Putem spune cu certitudine că Universul *observabil* (acea parte a Universului de la care lumina ar fi putut să ajungă la noi) are o mărime finită deoarece, conform celei mai bune estimări actuale, a apărut acum 13,7 miliarde de ani. Prin urmare, marginea Universului observabil, de unde lumina ar putea să ajungă la noi, este la o distanță de 13,7 miliarde de ani-lumină și se îndepărtează cu un an-lumină pe an. De fapt, există motive ca noi să nu putem niciodată să vedem atât de departe, după cum vom lămuri mai târziu. Tot ceea ce putem spune cu siguranță despre mărimea Universului este că trebuie să fie mai mare decât porțiunea pe care o putem vedea.



Mărimea Universului

Desigur, a spune că un obiect se află la o distanță de 13,7 miliarde de ani-lumină este foarte frumos, dar putem oare cuprinde cu gândul mărimea Universului? Putem aprecia perfect distanța dintre Londra și New York, de exemplu, sau chiar distanța de la Pământ la Lună – aproximativ 400 de mii de kilometri – care este cam de zece ori mai mare decât circumferința Pământului, și există mulți oameni care au zburat chiar mai mult în viața lor. Ba chiar, mai multe companii aeriene acordă avantaje speciale celor care au călătorit mai mult de 1,6 milioane km în viața lor. Dar cum putem înțelege 150 milioane km, distanța la care se află Soarele? Și când ne gândim la steaua cea mai apropiată, aflată la o distanță de 4,2 ani-lumină (aproximativ 38 de trilioane km), sarcina este peste puterile noastre. Galaxiile sunt la o distanță cu mult mai mare decât aceasta: chiar și cele mai apropiate de Calea Lactee, precum galaxia Andromeda, se află la o distanță mai mare de două milioane de ani-lumină.



▲ **Straturi atomice**

O imagine la microscop a straturilor atomice de pe suprafața unui cristal de silicat de fier. Cea mai mică treaptă are doar grosimea unui atom.

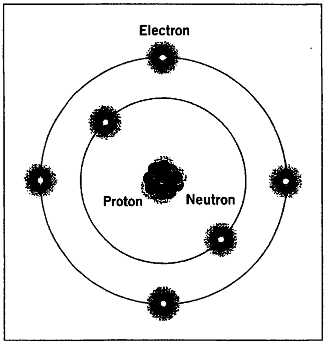
La celălalt capăt al scalei, vizualizarea mărimii unui atom, care nu poate fi observat individual cu un microscop obișnuit, este la fel de dificilă. S-a spus că, din punct de vedere al mărimii, omul este pe la jumătate între un atom și o stea. Interesant este că în acest regim fizica devine foarte complicată; pe scala atomică, avem fizica cuantică, pe scală mare, relativitatea. Între aceste extreme devine într-adevăr evident faptul că nu înțelegem cum să combinăm aceste teorii. Savantul Roger Penrose, de la Universitatea Oxford, și-a exprimat convingător credința că elementul care ne lipsește din modul cum înțelegem fizica fundamentală ne lipsește și din înțelegerea conștiinței. Aceste idei sunt importante dacă ne gândim la punctele de vedere numite antropice, cel mai bine rezumate în convingerea că Universul trebuie să fie așa cum este pentru a ne permite nouă să fim aici ca să-l observăm.

O altă întrebare utilă este câți atomi sunt în Univers. O estimare a ajuns la cifra totală de 10^{79} sau, cu alte cuvinte, 1 urmat de 79 de zerouri.

În mod tradițional, am considerat că atomii sunt compuși din trei particule mai mici (fundamentale): protonul (care transportă o sarcină electrică pozitivă elementară), neutronul (fără sarcină) și mult mai puțin masivul electron (care transportă o sarcină negativă elementară). În treacăt fie spus, nu este deloc ușor să definim ce este o sarcină electrică la nivelul atomului. Este suficient să considerăm sarcina ca fiind o proprietate pe care particulele o pot avea, așa cum au mărime și masă. Sarcina este formată întodeauna din „pachete" având o dimensiune fixă, numite sarcini electrice elementare.

În schema clasică, se consideră că aceste particule sunt dispuse ca un sistem solar în miniatură, în care electronii se învârt în jurul unui nucleu central compus din protoni și neutroni. Acest nucleu transportă o sarcină pozitivă, echilibrată exact de sarcina combinată a electronilor care se mișcă pe orbită în jurul lui. În sistemul nostru solar, forța gravitațională menține planetele pe orbitele lor în jurul Soarelui aflat în centru, pe când aici, în atom, electronii sunt menținuți pe orbită de atracția dintre sarcina lor negativă și nucleul cu sarcină pozitivă.

În treacăt, ar trebui să notăm că această schemă simplă poate explica o mare parte din chimia de bază; de exemplu, de ce electronii periferici ai atomilor tind să fie cei implicați în reacții chimice. Ei sunt mai departe de nucleu și prin urmare sunt mai slab reținuți de forța lui de atracție. Astfel, atomul cel mai simplu, cel de hidrogen, are un singur proton ca nucleu și un electron care se învârtește în jurul lui. Atomul în ansamblu este prin urmare neutru din punct de vedere electric: +1 adunat cu -1 este egal cu 0. Toții atomii au un număr egal de electroni și de protoni. Fiecare element are un număr unic de asemenea particule, cunoscut sub numele de număr atomic. De exemplu, atomii de heliu au doi protoni și doi electroni – numărul atomic este doi –, în timp ce numărul atomic al carbonului este șase. Elementele grele au cel mai mare număr de protoni și de electroni. Uraniul, cel mai greu element natural de pe Pământ, are numărul atomic 92.



▲ **Atomul clasic**

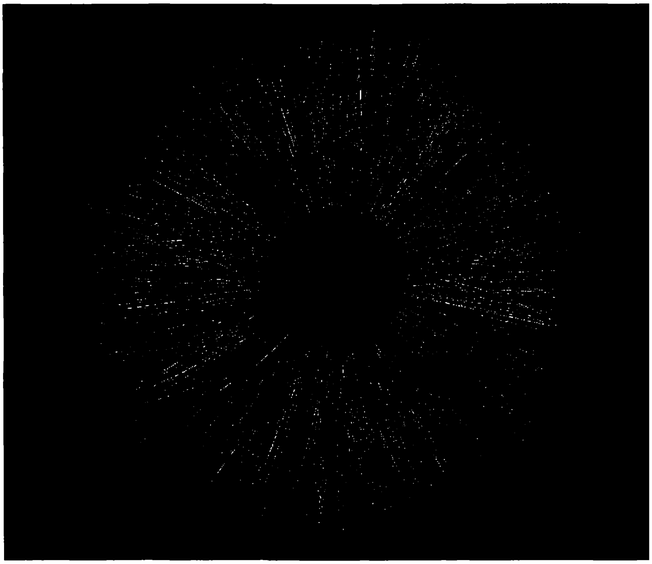
Acest model simplu al atomului a fost propus de Neils Bohr în 1913. Conține un nucleu compus din neutroni (albaștri) și protoni (roșii), în jurul căruia se învârt electroni precum planetele în jurul Soarelui. În ciuda apariției mecanicii cuantice, care reprezintă cu totul altfel atomul și indică „densități de probabilitate" neclare în locul particulelor sferice, modelul clasic al lui Bohr este încă util.

Această concepție asupra atomului, care considera protonii și electronii ca pe niște bucăți solide, a dominat secolul XX, însă astăzi lucrurile sunt mult mai puțin clare. În mare parte, comportamentul ciudat al sistemelor extrem de mici poate fi explicat abia acum, considerând că sunt compuse din unde, mai degrabă decât din particule. Această teorie este cunoscută sub numele de dualitatea undă–particulă. În plus, experimentele au arătat că, dacă electronii par să fie într-adevăr indivizibili, protonii și neutronii nu sunt de fapt fundamentali, ci pot fi divizați în particule mai mici denumite quarcuri, care nici ele nu sunt considerate fundamentale. Nimeni nu a văzut vreodată un quarc, dar știm că trebuie să existe deoarece au fost detectate în acceleratoarele de particule construite pentru a face protonii să se ciocnească între ei la viteze foarte mari. În aceste experimente se constată că protonii se sparg, ceea ce i-a făcut pe oamenii de știință să conchidă că aceștia nu pot fi particule fundamentale. Quarcurile singulare ar fi ceva împotriva naturii; acestea apar numai câte două sau câte trei.

Forțele naturii

Cauza acestei grupări a quarcurilor constă într-o proprietate neobișnuită a forței care le unește în mod normal, denumită (nu fără motiv) forța nucleară puternică. Această forță este dominantă în cazul obiectelor de mărimi foarte mici; de aceea avem nevoie de acceleratoare de particule atât de puternice ca să spargem protonii. Spre deosebire de forțele cu care suntem obișnuiți la dimensiuni mai mari, cum ar fi gravitația sau atracția între sarcini electrice opuse, forța puternică crește odată cu distanța. Cu alte cuvinte, dacă am putea separa două quarcuri, am vedea că ele se atrag din ce în ce mai puternic pe măsură ce distanța dintre ele crește. Până la urmă, în timp ce quarcurile se îndepărtează unul de altul, energia implicată în efortul de a le separa devine atât de mare încât sunt produse alte două quarcuri, energia fiind convertită în masă. Deodată, avem două perechi de quarcuri în locul quarcurilor individuale pe care încercam să le izolăm. Acest proces înseamnă că nici un experiment nu va produce vreodată quarcuri individuale; în Universul obișnuit ele există numai ca părți componente ale altor particule, precum protonii și neutronii, care conțin fiecare câte trei quarcuri.

La temperatura enormă a Universului imediat după Big Bang, quarcurile aveau destulă energie să hoinărească libere; astfel, înțelegând istoria Universului la scala cea mai mare,



▶ La vânătoare de quarcuri

La Laboratorul National Brookhaven din New York, fascicule de nuclee de aur sunt făcute să se ciocnească unele de altele cu o viteză apropiată de cea a luminii. Rezultatul este recrearea unei stări a materiei despre care se crede că a existat la zece milionimi de secundă după Big Bang, stare cunoscută ca „plasma quarc-gluon". Această imagine ce seamănă izbitor cu un ochi uman arată urmele a aproximativ 1 000 de particule după coliziune. Este doar o secțiune transversală, particulele fiind trimise de fapt în toate direcțiile.

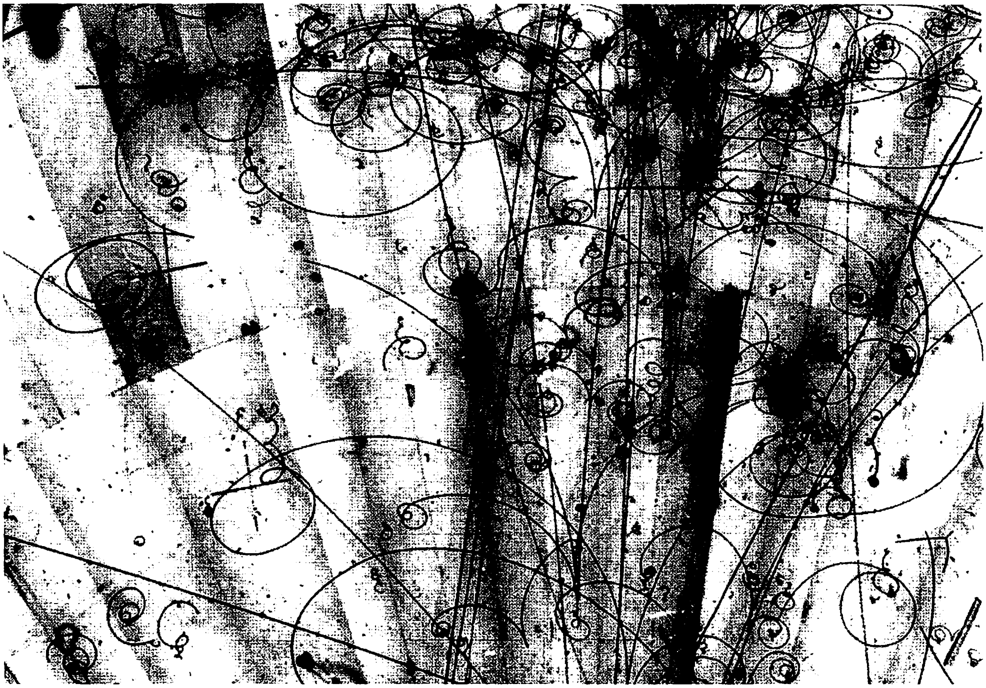
putem ajunge să înțelegem mai multe despre particulele care reprezintă mărimile cele mai mici. Energia pe care o poseda fiecare particulă la începutul Universului va rămâne mult peste posibilitățile acceleratoarelor noastre de particule; nici măcar un accelerator de mărimea sistemului solar nu ar putea produce particule care să aibă această energie enormă.

Este un fapt remarcabil că cercetarea actuală a elementelor de dimensiunile cele mai mici, în fizica particulelor, și a celor de dimensiunile cele mai mari, în cosmologie, se împletesc atât de strâns. Pentru a înțelege Universul în ansamblu, ne bazăm pe înțelegerea particulelor fundamentale, și cele mai bune teste pentru teoriile noastre despre acestea se află în Universul abia apărut. Un „spațiu fierbinte" plin de asemenea particule fundamentale având o energie foarte mare este imaginea cea mai timpurie pe care o putem evoca în legătură cu Universul nostru nou-născut.

Mai mare înseamnă mai rece

De la primul timp Plank, acest Univers inimaginabil de mic și de fierbinte a început să se extindă și, astfel, să se răcească. Universul era un ocean de quarcuri fierbinți, fiecare cu o energie enormă, mișcându-se cu o viteză uriașă. Ca urmare, nu puteau să existe atomi, nici molecule de felul celor pe care le cunoaștem azi, pentru că acestea sunt structuri complicate, incapabile să supraviețuiască descărcării unor temperaturi foarte mari; quarcurile aveau pur și simplu prea multă energie pentru a fi captate și închise în protoni și neutroni. Mai degrabă, erau libere să zboare prin Universul abia apărut, până când se ciocneau cu vecinele lor.

Pe lângă quarcuri, această supă de particule subatomice mai conținea și antiquarcuri – particule identice, dar care purtau sarcini electrice opuse. Se crede astăzi că fiecare particulă

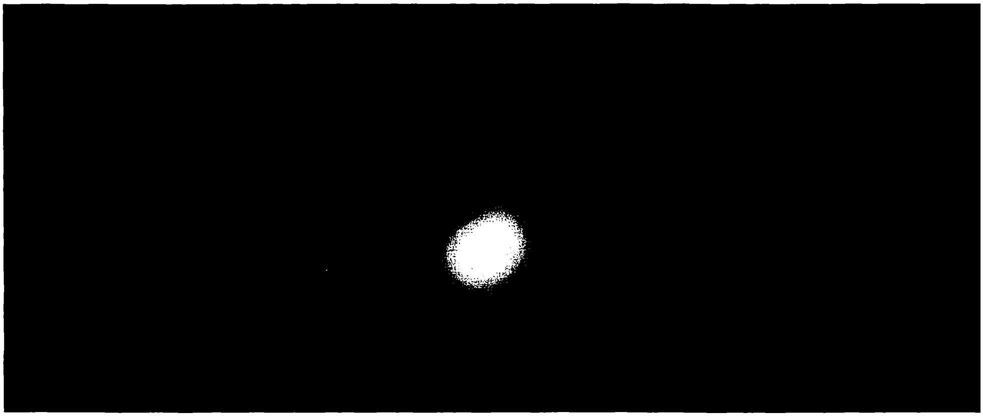


își are antiparticula echivalentă, identică în toate privințele, cu excepția sarcinii ei electrice, care este opusă. Particula de antimaterie care corespunde unui electron este pozitronul, care, în afară de faptul că are o sarcină pozitivă, este identic cu electronul. Conceptul de antimaterie este cunoscut din literatura SF, unde se află la baza a nenumărate motoare de nave spațiale extrem de avansate, toate create pornind de la faptul că o ciocnire între o particulă și o antiparticulă are ca rezultat anihilarea amândurora și eliberarea unei cantități mari de energie – acest lucru a fost confirmat de experimente. Ori de câte ori un quarc întâlnea un antiquarc în Universul primar, amândouă dispăreau, eliberând o scurtă radiație. Avea loc și procesul invers; radiația cu energie suficient de mare (cu siguranță, de tipul energiilor care existau în această etapă timpurie de evoluție a Universului) putea să producă spontan o pereche de particule, fiecare compusă dintr-o particulă și antiparticula ei. Așadar, Universul era compus în întregime din radiație care producea perechi de particule, care dispăreau pe rând, pe măsură ce se ciocneau unele de altele, înapoind energia lor radiației de fond.

Dat fiind că Universul a continuat să se mărească și să se răcească, după prima microsecundă (numai zece milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de timpi Planck), când temperatura a scăzut sub valoarea critică de aproximativ zece milioane de milioane de grade, quarcurile și-au încetinit mișcarea suficient de mult

▲ Vizualizarea antimateriei

Această imagine arată crearea perechilor de electroni și pozitroni într-o cameră cu bule. Particulele încărcate lasă un șir de bule minuscule în urma lor, permițând ochiului – sau camerei de filmat – să le urmărească evoluția. Fotonii care furnizează energia pentru crearea electronilor și pozitronilor nu pot fi văzuți, pentru că nu au sarcină. Fiecare pereche de urme începe într-un punct comun, de unde se vede că particulele se deplasează în spirală spre exterior. Mișcându-se într-un câmp magnetic puternic, electronii si pozitronii întâmpină forțe opuse și, de aceea, se mișcă în spirală în direcții opuse.



▲ Nor de antimaterie

Se crede că această hartă în raze gama a centrului galaxiei noastre arată particule de materie și de antimaterie – electroni și pozitroni – ciocnindu-se între ei, ceea ce duce la anihilarea ambelor seturi de particule și la emiterea unor cantități enorme de energie. Aceasta implică faptul că antimateria sub formă de pozitroni se revarsă din centrul galaxiei noastre.

pentru a putea fi captate de forța lor de atracție reciprocă (forța puternică). Grupuri de câte trei quarcuri s-au strâns laolaltă pentru a forma cunoscuții protoni și neutroni (denumiți colectiv barioni), în timp ce antiquarcurile s-au grupat pentru a forma antiprotoni și antineutroni (antibarioni). Dacă numărul barionilor și antibarionilor ar fi fost egal, rezultatul cel mai probabil ar fi fost că ciocnirile dintre ei ar fi condus la o distrugere completă. Energia rămasă în radiație s-ar fi diluat tot mai mult pe măsură ce Universul continua să se extindă, astfel încât nu ar mai fi fost create noi perechi de particule. Materia din Univers nu ar fi supraviețuit până astăzi.

Doar faptul că a existat un mic dezechilibru integrat chiar de la început a salvat materia și ne-a permis astfel să fim aici și să ne întrebăm ce s-a întâmplat în acele vremuri îndepărtate. Din cauze pe care încă nu le înțelegem, pentru fiecare miliard de antibarioni, a existat un miliard *unu* barioni, astfel încât atunci când marele „schimb de focuri" s-a încheiat, aproape toți antibarionii dispăruseră, lăsând în urmă restul de protoni și neutroni care formează nucleele atomilor de azi.

Conspirația cosmică

Să ne întoarcem pentru scurt timp în prezent și să luăm ca exemplu două galaxii aflate fiecare la o distanță de 9 miliarde de ani-lumină de Pământ, dar în direcții opuse. Distanța dintre ele este așadar de 18 miliarde de ani-lumină. Amândouă se vor afla în regiuni ale Universului care, în linii mari, arată la fel. Una se poate afla în centrul unui grup de galaxii, cum este grupul de galaxiiVirgo (Fecioara) aproape de noi, pe când cealaltă poate fi mult mai izolată. Și totuși, lângă prima dintre ele se vor afla galaxii izolate, iar lângă a doua galaxie va exista în mod inevitabil un grup de galaxii. Fiecare regiune va conține aceleași tipuri de galaxii în aceeași proporție și chiar temperatura locală a fiecărei zone va fi aceeași în ambele cazuri.

Aceasta constituie o problemă denumită „conspirația cosmică". Universul are mai puțin de 18 000 de miliarde de ani (estimarea cea mai corectă a vârstei acestuia este de 13,7 miliarde de ani), deci lumina probabil nu a avut încă timp să ajungă de la o galaxie la alta, iar relativitatea pretinde că lumina călătorește cel mai repede în Univers. Dacă lumina nu a avut încă timp să traverseze spațiul dintre cele două zone, atunci nimic altceva nu ar fi putut-o face, deci

nimic n-ar fi putut trece de la o galaxie la alta. Diferențele dintre aceste regiuni nu puteau fi reconciliate, prin urmare este surprinzător că Universul pare în mare la fel în orice direcție ne-am uita; vedem galaxii de același tip, distribuite cam în același fel, iar aceasta este ceea ce se numește „conspirația cosmică".

De ce este aceasta o problemă? Nu pare oare normal ca Universul să arate la fel în orice direcție ne-am uita? Poate că există o lege încă necunoscută care guvernează fizica Big Bangului însuși și în virtutea căreia pot fi produse numai universuri aproape complet uniforme. Nu știm nimic despre fizica ce ar fi putut prevedea acest lucru, așa că trebuie să luăm în calcul posibilitatea ca în Univers să fi existat la început mari diferențe de temperatură între diferite regiuni, de exemplu, o jumătate a Universului să fi fost la început de două ori mai caldă decât cealaltă. Cum a putut această stare de fapt conduce la uniformitatea de azi? Căldura nu a avut suficient timp pentru a ajunge de la zona caldă la cea rece, și nici măcar nu s-a scurs destul timp ca un mesaj trimis cu viteza luminii să ajungă dintr-o parte în cealaltă. În aceste condiții, corectarea dezechilibrului inițial ar părea imposibilă și, totuși, aceste zone fără legătură, la mare depărtare una de alta, sunt asemănătoare.

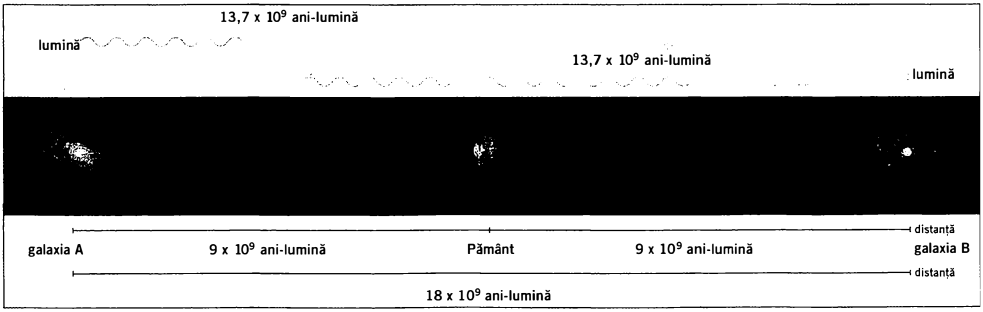
Poate că aceste două galaxii se află acum la o distanță foarte mare una de alta, însă când Universul abia apăruse, era mult mai mic, iar corpuri aflate de o parte și de cealaltă s-ar fi putut afla în contact și ar fi putut face schimb de căldură, producând uniformitatea observată în prezent. Așadar, întrebarea pe care ne-o punem acum este cât de mare era Universul în acele etape inițiale. În mod surprinzător, pare destul de ușor să răspundem.

Numai una dintre forțele despre care am discutat până acum poate acționa la distanțe astronomice, și anume gravitația, care prin însăși natura ei este o forță de atracție ce ține materia laolaltă. Doar gravitația putea încetini viteza inițială de expansiune. Putem încerca să calculăm din prezent spre trecut pentru a determina cum s-a schimbat mărimea Universului în timp – și vom descoperi că această conspirație cosmică exista și în perioada de început a Universului. Cu alte cuvinte, Universul nu a fost *niciodată* destul de mic pentru a permite luminii să treacă dintr-o parte în alta, deci nici destul de mic pentru a permite diferențelor de temperatură să se egalizeze. Tot acest scenariu presupune că gravitația este singura forță care afectează viteza de expansiune și nu putem rezolva conspirația decât dacă suntem pregătiți să renunțăm la această idee.

Edificiul nebunesc al teoriei inflației

Soluția care este populară azi presupune o oarecare creștere a complexității teoriei Big Bangului. Cei mai mulți cosmologi consideră în prezent că a existat o perioadă extrem de

▼ Conspirația cosmică
Dacă noi putem vedea galaxiile A și B aflate la mare distanță pe cer, în direcții opuse, ele nu se pot vedea una pe alta. Tot timpul scurs de la Big Bang până acum nu a fost suficient ca lumina să traverseze distanța dintre ele.



▲ **Câmpul profund de sud al telescopului spațial Hubble**

Galaxii văzute la o distanță de 12 miliarde de ani-lumină. Distanța dintre galaxiile cele mai îndepărtate văzute la nord și la sud în Câmpul profund Hubble este atât de mare încât în istoria Universului de 13,7 miliarde de ani, lumina nu ar fi avut timp să ajungă cu mult dincolo de jumătatea distanței dintre ele, și totuși ele par să se asemene, ca și Universul în care se află. Un exemplu uluitor de conspirație cosmică.

scurtă de expansiune rapidă, cunoscută sub numele de inflație, de la 10^{-35} la 10^{-32} secunde după Big Bang, perioadă în care Universul s-a mărit de mai multe miliarde de ori. La sfârșitul perioadei de inflație, expansiunea a încetinit până la o viteză relativ stabilă, comparabilă cu cea pe care o putem observa azi.

Fără o perioadă de inflație, zonele Universului pe care le vedem în părți opuse ale cerului nu ar fi avut timp nici să facă schimb de căldură, nici să ajungă la un echilibru confortabil. Expansiunea rapidă sugerată de această teorie ne permite să considerăm că inițial Universul a fost mult mai mic și astfel a putut să atingă o temperatură uniformă înainte să înceapă accelerarea. Orice mici diferențe care ar fi rămas aveau să fie anulate de creșterea enormă în dimensiune. Și aceasta, deoarece o altă consecință a inflației extraordinar de rapide este că zona din Univers pe care o observăm nu este decât o părticică a Universului în ansamblu. Cu alte cuvinte, vedem doar variații a ceea ce este de fapt regiunea locală, învecinată nouă, iar acestea au cu siguranță dimensiuni reduse. Pentru a da o analogie mult mai apropiată de noi, Pământul așa cum îl vedem este marcat de variații enorme în înălțime; de la vârful Everestului până la fundul celei mai adânci fose oceanice. Inflația realizează efectul echivalen cu a mări bucățica de pământ de sub degetul dumneavoastră mic de la picior la dimensiunea globului terestru (sau, în mod analog, cu a ne micșora până la o dimensiune mult mai mică decât a celui mai mic virus). Prin urmare, diferențele de înălțime la care putem ajunge și pe care le putem explora sunt cu certitudine mici; inflația are exact aceeași influență asupra fluctuațiilor de temperatură din Univers.

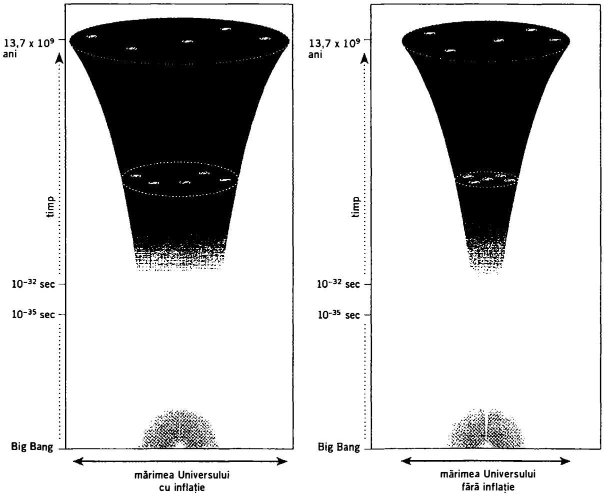
Dar de ce ar trebui ca Universul abia apărut să cunoască brusc o asemenea creștere extremă a vitezei sale de expansiune? Se pare că este nevoie să fie introdusă o nouă forță,

care poate fi considerată răspunzătoare pentru enorma accelerare și a acționat în direcția opusă gravitației. Savanții au început să studieze în amănunt ce proprietăți ar putea avea o asemenea forță, însă nu pare să existe deocamdată o explicație clară. După câte știm, nu există niște condiții specifice epocii anterioare inflației, așa că apariția și dispariția subită a acestei forțe de accelerare par întrucâtva arbitrare, dar cel puțin ne permit să rezolvăm problema conspirației cosmice.

Există și alte probleme pe care introducerea inflației le poate rezolva? Se constată că putem explica prin inflație alte două caracteristici ale Universului așa cum îl vedem astăzi, altminteri complet inexplicabile. Mai întâi, potrivit teoriei standard a fizicii particulelor, un anumit tip de particulă, denumită monopol, ar trebui să apară din când în când la analiza cu detectoare. În realitate, nici o astfel de particulă nu a fost detectată vreodată, ceea ce necesită o explicație. Teoria inflației ne permite să argumentăm că aceste particule au ajuns să aibă o concentrație atât de mică încât nu putem localiza nici una. Să zicem, de dragul argumentării, că 100 de milioane de milioane de asemenea particule au fost create în timpul Big Bangului; ar fi surprinzător că nu am reușit să detectăm nici una. Dar dacă același număr de monopoli au fost creați și răspândiți într-un univers care a devenit de multe mii de milioane de ori mai mare decât înainte de inflație, este probabil să nu existe nici unul în întregul Univers vizibil. Viteza inflației a fost imensă, atât de mare încât, chiar în intervalul de timp scurt în care a acționat, a produs un Univers inimaginabil mai mare decât era preconizat prin Big Bangul convențional. Inflația oferă o explicație pentru lipsa acestor particule – ele au fost pur și simplu diluate în Universul devenit mult mai mare.

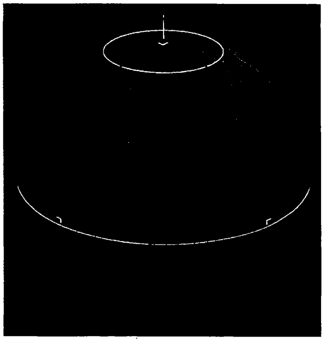
Viața într-un Univers plat

Există un al treilea pilon, poate cel mai convingător, care susține edificiul aparent nebunesc al teoriei inflației. Acesta implică geometria Universului. Cei mai mulți dintre noi cunoaștem



◀ **Inflația**

Diagrama din stânga arată impactul inflației comparativ cu Universul care nu a fost supus acțiunii acesteia (dreapta). Pe măsură ce Universul se extinde, galaxiile se îndepărtează unele de altele. Cu inflație, Universul este mai mic imediat după Big Bang, dar mult mai mare astăzi.



▲ **Geometrie sferică**

În geometria euclidiană pe care o învățăm la școală, suma unghiurilor unui triunghi este întotdeauna de 180 de grade. Dar un triunghi desenat pe suprafața Pământului conține trei unghiuri drepte, suma lor fiind de 270 de grade.

geometria lui Euclid pe care am învățat-o la școală, poate uneori fără tragere de inimă. Ni se spune acolo că suma tuturor unghiurilor unui triunghi este de 180 de grade. Totuși, aceasta nu se verifică întotdeauna; de exemplu, pe suprafața unei sfere, suma lor poate fi mai mare de 180 de grade. Imaginați-vă o linie trasă de la Polul Nord de-a lungul meridianului Greenwich până la ecuator, și apoi la est de-a lungul ecuatorului, o întoarcere de 90 de grade. Dacă vom completa triunghiul întorcându-ne la Pol de-a lungul meridianului care trece prin Rusia, vom face o altă întoarcere de 90 de grade. 90 + 90 = 180, și tot mai avem de adunat unghiul din vârf, dintre cele două meridiane. Geometria euclidiană se aplică doar pe suprafețe plane.

Ce formă ia geometria Universului? Lucrurile sunt complicate pentru că avem de-a face cu un spațiu cvadridimensional (cele trei dimensiuni spațiale cunoscute, plus timpul), nu cu suprafețe bidimensionale. Să ne gândim la proporțiile cele mai mari și să ignorăm distorsiunile locale provocate de materie. Există un număr enorm de geometrii posibile pentru Univers, însă se pare că Universul nostru a fost precis reglat pentru a selecta un anumit tip de geometrie; diverse observații (vezi radiația de fond cosmic de microunde în capitolul 2) arată că trăim în ceea ce se numește un univers „plat", în care geometria euclidiană se aplică chiar la proporțiile cele mai mari. De ce se întâmplă asta? Pentru ca Universul să fie plat, trebuie ca în el să existe exact cantitatea corectă de materie, până la ultimii câțiva atomi. Cu alte cuvinte, dacă ar fi câțiva atomi în plus sau în minus, geometria Universului ar fi departe de a fi plată.

Încă o dată, ne confruntăm cu o observație care poate fi pusă pe seama unei oarecare caracteristici a fizicii timpurii care a guvernat Big Bangul însuși – și, din nou, inflația ne permite să dăm o explicație alternativă, mai satisfăcătoare. Argumentul se bazează, ca și mai înainte, pe faptul că inflația a creat un univers mult mai mare decât Big Bangul singur.

Să luăm o analogie tridimensională care să ne ajute să gândim cvadridimensional. Oricine ar sta pe o bilă de bowling ar descoperi repede că aceasta este o sferă, probabil când ar cădea de pe ea. Ce spuneți însă de o sferă mai mare, precum Pământul, pe care stăm în fiecare zi? Poate că nu ne dăm seama imediat că stăm pe o suprafață curbă, însă este cu siguranță destul de ușor să calculăm. Se știa că Pământul are o formă sferică încă de pe vremea anticilor greci (care au reușit chiar să-i măsoare diametrul) și un vapor care dispare dincolo de orizont ne sugerează că suprafața Pământului este curbă. Acum imaginați-vă că suntem pe suprafața unei sfere mai mari de câteva trilioane de ori decât Pământul. Toate experimentele noastre ar arăta că ne aflăm pe o suprafață plană; curbura datorată sferei ar fi

Temperatura

În viața de zi cu zi, măsurăm de obicei temperatura în grade Celsius (centigrade), a căror scală are la bază punctele de îngheț și de fierbere ale apei. Dar temperatura în sens științific se definește altfel. Se bazează pe [illegible] atomii și moleculele se deplasează [illegible] vitezele [illegible] mai mare [illegible] temperatura.

[illegible] termometru [illegible] ceea ce măsurăm de fapt este cât de tare moleculele lichidului izbesc în termometru și deci cât de repede se mișcă ele. Această definiție a temperaturii duce la niște rezultate surprinzătoare: gândiți-vă la un lanț de artificii și la un vătrai încins. Fiecare scânteie aruncată de artificii este incandescentă, dar conține o masă atât de mică încât nu-i foarte periculos să ținem în mână capătul; pe de altă parte, cei mai mulți oameni nu ar apuca un vătrai încins cu mâna, deși temperatura acestuia este mult mai mică decât a scânteilor aruncate de artificii.

Un alt exemplu foarte frumos este coroana solară albă ca sideful, atmosfera exterioară a Soarelui, care devine vizibilă în timpul unei eclipse totale. Suprafața vizibilă a Soarelui are o temperatură de aproximativ 6.000°C, în timp ce coroana (din motive încă [illegible]

pur și simplu prea mică pentru a fi detectată – ar dura enorm de mult ca vaporul să atingă linia orizontului.

După inflație

Un Univers care a trecut prin inflație este precum această ultimă sferă. Deoarece a ajuns la o dimensiune imensă, Universul nostru observabil este doar o părticică minusculă din el și îi putem măsura doar proprietățile locale. Putem deduce just că Universul pe care îl putem vedea are o geometrie plană. Într-un univers atât de întins, nu putem ști nimic despre geometria Universului care depășește raza observațiilor noastre. Indiferent ce geometrie are Universul, inflația ne spune de ce măsurătorile noastre arată că acesta este plat.

Toate aceste trei probleme sunt rezolvate simplu de ideea inflației, deși cu prețul introducerii acestei misterioase accelerații temporare, care rămâne prea puțin înțeleasă. Poate când vom ajunge să înțelegem mai bine Big Bangul însuși, vom avea un răspuns alternativ, dar deocamdată inflația pare o explicație la fel de bună ca oricare alta.

La sfârșitul inflației, Universul a continuat să se extindă și să se răcească cu o viteză mai mică. Cam la trei secunde după Big Bang, temperatura scăzuse la aproximativ un miliard de grade Kelvin. Aproximativ trei sferturi din materia Universului era formată din hidrogen și aproape tot restul era heliu (amintiți-vă că atomul de heliu are doi electroni care se mișcă pe orbită în jurul unui nucleu compus din doi protoni și doi neutroni).

Teoria Big Bangului preconizează că pentru fiecare zece protoni sau nuclee de hidrogen produse exista un nucleu de heliu. Atomii de hidrogen sunt încă și azi de zece ori mai mulți decât cei de heliu. Acest fapt reprezintă poate cea mai simplă și totuși cea mai solidă confirmare a teoriei Big Bangului. Stelele transformă hidrogenul în heliu, deci ne-am aștepta ca raportul să se schimbe în favoarea heliului. Dacă am observa un singur obiect, oriunde în Univers, în care să fie mai puțin heliu decât se așteaptă, ar trebui să regândim teoria din temelii. Nu s-a observat niciodată o asemenea schimbare.

Așadar, credem în teoria Big Bangului? Principala ei concurentă, teoria stării stabile, pare compromisă. Deocamdată, teoria Big Bangului domină scena. E imposibil să demonstrăm o teorie și tot ce putem spera este să ne asigurăm că ea concordă cu toate dovezile de care dispunem. Teoria Big Bangului însoțit de inflație pare să satisfacă această cerință. Dar în orice moment o nouă descoperire poate da la iveală o greșeală fatală în această teorie. Până când un alt Newton sau un alt Einstein vine cu o teorie mai bună, trebuie să acceptăm Big Bangul.

necunoscute) are o temperatură de aproximativ un milion de grade. Totuși, este atât de subțire încât ar fi posibil ca o navă spațială să zboare prin ea și să supraviețuiască. Pur și simplu nu ar fi destulă materie fierbinte pentru a încălzi semnificativ nava.

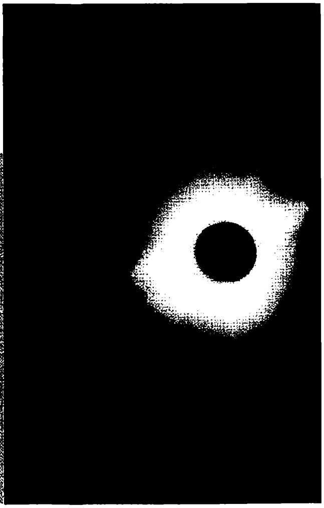
Cu cât atomii se mișcă mai încet, cu atât mai scăzută este temperatura. La -273°C, mișcarea se oprește complet. Temperatura nu poate scădea mai mult; am atins zero absolut, cea mai scăzută temperatură posibilă. Aceasta nu a fost (și nu va fi niciodată) obținută în laborator, deși s-a ajuns la o temperatură cu o mică fracțiune de grad deasupra ei, la care materia capătă niște proprietăți extrem de ciudate.

Scala Kelvin, numită astfel după lordul Kelvin, începe la zero absolut (0 K), dar gradele ei au aceeași mărime precum cele de pe scala Celsius. Pentru a face conversia gradelor Kelvin în grade Celsius, scădeți 273; pentru a transforma gradele Celsius în grade Kelvin, adunați 273. Deci 3 K este egal cu -270°C.

Avantajul scalei Kelvin este că nu trebuie să operăm cu numere negative, iar punctul zero rămâne fix și nu depinde de presiune, spre deosebire de punctul de fierbere și de cel de topire al apei.

▼ Eclipsă totală de Soare – dublă expunere

O eclipsă totală de Soare este cel mai măreț spectacol pe care natura ni-l poate oferi și, datorită gamei imense de luminozitate prezente în fiecare clipă, nici o fotografie nu are raza dinamică suficient de mare ca s-o poată surprinde în toată splendoarea. Brian a surprins această imagine a primei eclipse totale de Soare din viața lui la Cabo, St. Lucas, în Baja California, Mexic, în 1991. Din întâmplare, filtrul folosit pentru faza totală era înclinat într-un anumit unghi față de lentila aparatului de fotografiat, și a produs prin rereflecție o imagine secundară arătând clar două proeminențe, care erau mult prea expuse în imaginea principală – o expunere bine gândită să arate forma frumoasă a coroanei solare exterioare, mai palidă.



CAPITOLUL 2

Și atunci s-a făcut lumină

▲ Prima stea

Se crede că primele stele au fost extrem de mari. Numai una sau două în fiecare protogalaxie ar fi avut suficientă energie pentru a provoca schimbări profunde în mediile lor, pregătind terenul pentru formarea unor stele „normale", cum este Soarele din sistemul nostru solar.

În primii 300 000 de ani care au urmat cataclismului reprezentat de perioada de inflație, nu au existat schimbări majore. Condițiile fizice care guvernau evoluția Universului au rămas mai mult sau mai puțin constante. Universul a devenit un loc mai puțin violent. Pe măsură ce temperatura scădea, și protonii și neutronii începeau să-și încetinească mișcarea; totuși, radiația și materia erau încă unite, după cum vom vedea. Din punctul nostru de vedere, cea mai mare diferență dintre acest Univers și cel pe care-l vedem azi este că în acele timpuri de început acesta era complet opac.

Undele electromagnetice, inclusiv lumina vizibilă, pot fi considerate de asemenea fascicule de fotoni – particule cu masă zero care se mișcă întotdeauna cu viteza de 300 000 km pe secundă. În lumea ciudată a mecanicii cuantice (care este poate cea mai bine verificată teorie a științei moderne), nu mai există o distincție clară între „unde" și „particule", însă trebuie să acceptăm că totul există sub forma unei „dualități undă-particulă", intermediară între cele două. Asemenea entităților pe care le considerăm în mod tradițional particule, precum electronii și protonii, lumina se comportă uneori ca o particulă, fotonul, alteori ca o undă.

Fiecare foton transportă o „cuantă" bine definită de energie, cantitatea de energie fiind determinată de culoarea luminii, astfel încât nu greșim dacă spunem că radiația electromagnetică este „un fascicul de fotoni". Să urmărim acum traseul unuia dintre acești fotoni, eliberat poate prin ciocnirea dintre un proton și un antiproton în perioada foarte timpurie a Universului. În condițiile unei aglomerări atât de mari, nici un foton nu putea ajunge prea departe înainte de a se lovi de un electron și de a fi absorbit de acesta, care astfel câștiga energie. În cele din urmă fotonul putea fi reemis, dar aproape în toate cazurile într-o altă direcție decât cea pe care o avusese inițial. Acest proces se repeta iar și iar, împiedicând fotonii să călătorească foarte repede.

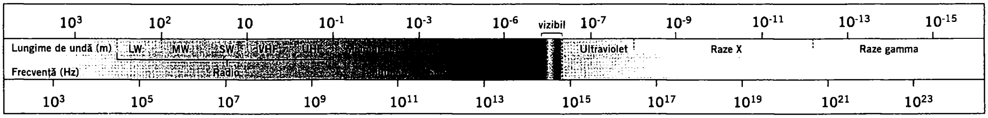
Cu toate acestea, când Universul s-a răcit ajungând la o temperatură de numai 3 000 de grade, după aproximativ 300 000 de ani de la Big Bang, s-a produs o schimbare bruscă. Înainte de acest moment critic, electronii – particulele cele mai ușoare și deci cele mai rapide ale materiei atomice obișnuite – se mișcau mult prea repede ca să fie captați de nucleii atomici, mai grei, însă, la o temperatură de 3 000 de grade, ei nu mai puteau evita acest lucru. S-au format primii atomi neutri. Văzuți la scara atomului, electronii captați se învârt pe orbită în jurul nucleului departe de el (la urma urmei, atomii sunt compuși în mare parte din spațiu vid), dar, în comparație cu distanța dintre atomi, ei sunt foarte aproape de nucleii acestora. Ca urmare, s-a creat un mare spațiu între atomii nou formați, iar fotonii au fost dintr-odată liberi să parcurgă distanțe mari. Cu alte cuvinte, materia și radiația s-au separat și, la 300 000 de ani după Big Bang, Universul a devenit transparent.

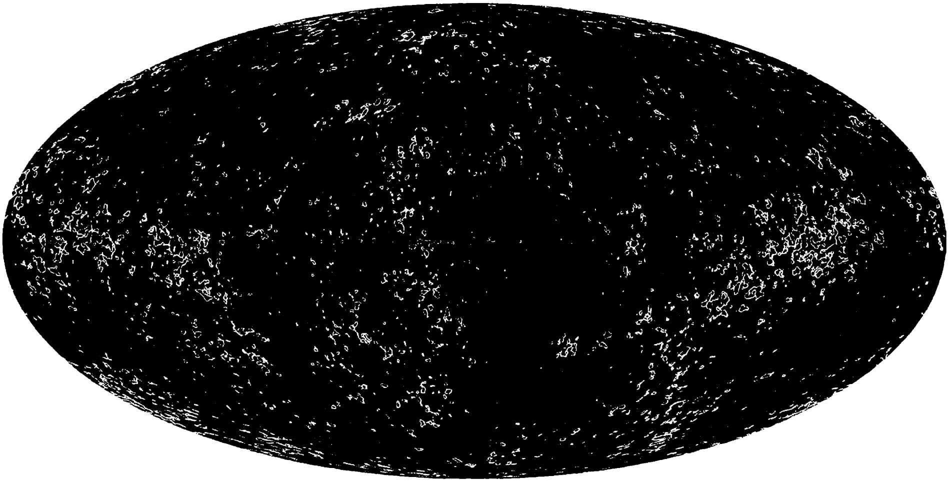
Ecouri ale Big Bangului

Captarea electronilor a fost extrem de puternic influențată de temperatura Universului; de îndată ce aceasta a scăzut sub valoarea critică, procesul s-a desfășurat cu o rapiditate extraordinară. Pe lângă faptul că temperatura Universului este aproape aceeași pe toată întinderea spațiului cosmic (datorită inflației, după cum am văzut), aceasta înseamnă că procesul a avut loc aproape instantaneu în întregul Univers. Rezultatul a fost că lumina a

▼ Spectrul electromagnetic

Partea vizibilă a spectrului (curcubeul), lumina pe care o putem vedea, este doar o parte foarte mică a întregului spectru electromagnetic. În ultimii 70 de ani, astronomii au început să adune informații de-a lungul întregului spectru.





putut călători fără întreruperi, astfel încât după aproximativ 13,4 miliarde de ani putem încă vedea un instantaneu al acestui moment special din evoluția Universului nostru. Această capacitate de a privi înapoi către un anumit moment este unică în astronomie. De obicei, când încercăm să privim părți îndepărtate ale Universului, vederea ne este obstrucționată de imagini ale unor galaxii apropiate, care au emis lumina mai recent. Acest eveniment magic, când Universul a devenit transparent, poate fi observat acum, fără piedici, sub forma fondului cosmic de microunde (sau FCM).

Mulți cititori au observat probabil, în mod conștient sau nu, aceste ecouri slabe ale morții „mingii de foc" care a apărut odată cu Big Bangul. Decuplând antena televizorului sau comutând de pe un canal, veți vedea perturbații (paraziți) alb-negru. Unu la sută dintre acestea se datorează FCM – la aproape 13,4 miliarde de ani după ce a fost emis, acesta vă poate încă incomoda să vizionați programele de televiziune.

Văzută astăzi, frecvența acestei radiații cosmice de fond corespunde unui emițător la o temperatură medie de numai 2,7 K (-270,3°C) peste zero absolut. De ce atât de rece, dacă această radiație este într-adevăr ecoul Big Bangului însuși? Raționamentul este destul de simplu; radiația a fost probabil emisă când Universul avea o temperatură de 3 000 de grade. Pe măsură ce ea călătorea spre noi, spațiul în care se mișca se mărea continuu, extinzând astfel lumina la lungimi de undă din ce în ce mai mari, ceea ce a condus la temperaturi aparente din ce în ce mai mici. Întâlnim astfel pentru prima dată fenomenul cunoscut ca deplasarea către roșu *(redshift)*, care a ajuns să aibă o importanță fundamentală.

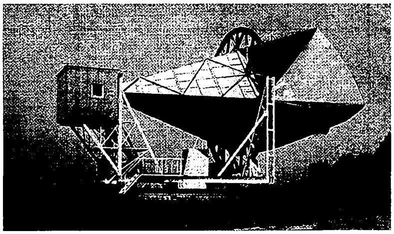
Descoperirea fondului cosmic de microunde a întărit considerabil mai multe dintre previziunile teoriei Big Bangului. De exemplu, s-a descoperit că radiația emisă era similară cu cea pe care se presupune că o emite un corp negru, un obiect ipotetic care absoarbe toate radiațiile pe care le întâlnește. Dacă este încălzit, emite radiație într-un spectru în care intensitatea luminii la orice lungime de undă depinde numai de temperatura sa. În practică, aceasta ne spune ceva despre natura emițătorului – de exemplu, obiectul ar trebui să fie

▲ Cerul în microunde

Această imagine de ansamblu a cerului văzut la frecvențe de microunde revelează fluctuații de temperatură de acum 13,4 miliarde de ani, reprezentate prin diferențe de culori, ce corespund „semințelor" care au devenit galaxii, roșul indicând regiunile relativ calde, iar albastrul/negrul pe cele relativ reci. Această imagine se baza pe datele obținute de satelitul Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP).

▼ Antena Big Horn

Telescopul cu care Robert Penzias și Arno Wilson au detectat prima dată fondul de microunde în 1964 poate fi descris mai exact ca o antenă pentru transmisia și recepția microundelor. Aceasta este încă expusă la Laboratoarele Bell din New Jersey (fără găinațul de porumbel care i-a derutat inițial pe astronomi).



▶ Cerul în infraroșii

Jumătatea de sus a imaginii arată o fotografie cu expunere lungă făcută în infrarosu cu telescopul spațial Spitzer. În partea de jos este lumina reziduală după îndepărtarea tuturor surselor din prim-plan identificate. S-a afirmat recent că radiația rămasă conține lumină ultravioletă emisă de primele stele, deviată acum de expansiunea cosmosului către partea infraroșie a spectrului. Dacă această teorie se confirmă, aceasta va deveni una dintre imaginile reprezentative ale astronomiei.

izolat de influențe externe. Universul fierbinte, dens și practic opac din perioada dintre Big Bang și momentul când a devenit transparent, 300 000 de ani mai târziu, ar fi fost tocmai un astfel de emițător. Teoria și observația concordă acum atât de bine încât pe majoritatea graficelor de date linia folosită pentru a marca previziunile este mai groasă decât incertitudinea măsurătorilor, o situație foarte rar întâlnită în știință și unică în astronomia observațională.

La început, radiația părea să fie absolut uniformă; păreau să nu existe variații legate de direcție. Chiar scăzând radiația microundelor din prim-plan emise de galaxia noastră, orice parte a cerului care radia în FCM arăta aproape la fel ca oricare altă parte. Însă Universul pe care-l vedem astăzi este plin de „cocoloașe"; galaxiile relativ dense se află la distanțe enorme una de alta și sunt grupate în roiuri, iar acestea în superroiuri. Acestea din urmă sunt despărțite de enorme spații vide, care pot fi văzute acum în detaliu în imagini precum

▶ Deplasarea către roșu (*redshift*)

Trebuie să considerăm că lumina este o undă. Când această idee a fost propusă pentru prima oară, ea a stârnit multe controverse – dacă lumina este o undă, în ce se mișcă? La urma urmei, undele sonore au nevoie de aer pentru a se transmite, iar valurile de apă nu prea pot exista independent. Mulți credeau în existența unei substanțe fundamentale numite eter, care pătrundea peste tot și prin care se propaga lumina. Însă la sfârșitul secolului XIX și începutul secolului XX, această teorie a fost înlocuită de înțelegerea faptului că lumina se putea propaga singură și nu avea nevoie de un mediu înconjurător.

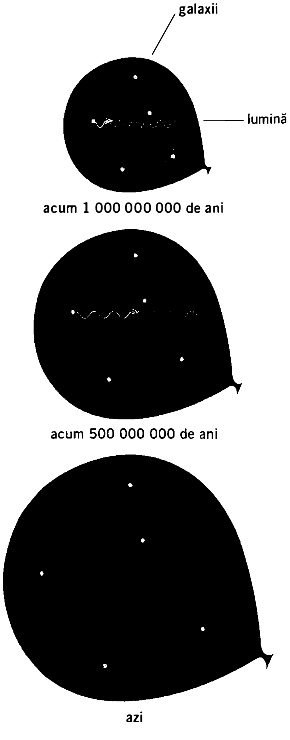
Așadar, dacă lumina este undă, are o lungime de undă, care-i determină culoarea și energia. Lumina roșie, de exemplu, are o lungime de undă mai mare și o energie mai mică decât lumina albastră. Lumina infraroșie este o radiație cu lungimea de undă mai mare decât a luminii roșii pe care o vedem, iar

◀ O galaxie care s-a deplasat spre roșu
În această perspectivă profundă asupra Universului, surprinsă de telescopul spațial Hubble, săgeata indică o galaxie foarte îndepărtată, care s-a deplasat mult spre roșu. Aceasta pare roșie în comparație cu galaxiile relativ apropiate din prim-planul imaginii.

Câmpul Anglo-Australian de două grade (2dF) și în releveul Sloan Deep Sky Survey, care acoperă o distanță de un miliard de ani-lumină de Pământ. Oricum am reprezenta imaginea Universului rezultând din aceste observații, în mod cert el nu este uniform, deci este clar că a funcționat ceva greșit. Undeva în Universul aparent uniform din perioada de început trebuie să fi fost ascunși germenii structurii pe care o observăm azi.

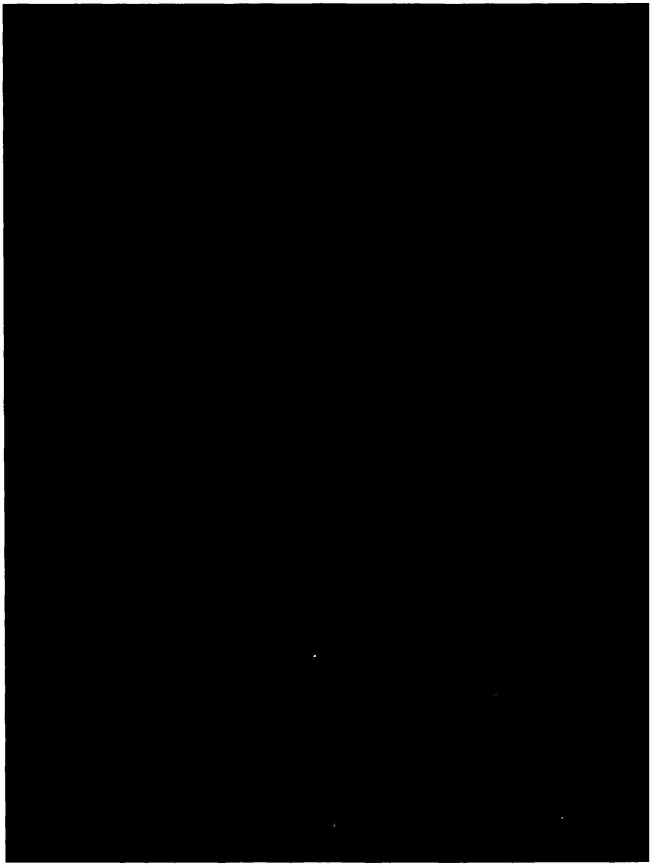
Radiația cosmică de fond este în prezent fenomenul cel mai studiat din astrofizică și avem încă multe de aflat. El marchează prima noastră concepție asupra structurii Universului.
O analiză mai recentă a FCM a revelat variații de temperatură ce nu depășeau a zecea miime dintr-un grad. Aceste variații sunt mici, însă ele constituie germenii străvechi ai structurilor cosmice care ne înconjoară în prezent. Poate că pare ciudat ca variațiile densității să fie determinate prin măsurarea temperaturii, dar există un motiv foarte întemeiat. Așa cum

undele radio au lungimi de undă chiar mai mari. Spre capătul cu lungimi de undă scurte al spectrului găsim lumina ultravioletă, apoi razele X și razele gamma. De la emiterea FCM, lumina pe care o detectăm azi a călătorit spre noi într-un Univers în continuă extindere. Nu ar trebui să considerăm că această extindere înseamnă că obiectele cosmice se îndepărtează unele de altele; ea trebuie considerată o extindere a spațiului însuși. Pe măsură ce spațiul se extinde, lumina se întinde, iar lungimea ei de undă crește. Lumina albastră devine verde, apoi roșie, apoi infraroșie. Acest proces poate fi reprezentat ca un balon care se umflă (dreapta). Tot ce se află la suprafață se îndepărtează din ce în ce de toate celelalte corpuri. Prin urmare, FCM, emis în zone cu o energie mult mai mare a spectrului, este detectat acum mai ales sub formă de microunde cu energie redusă.



▶ Urme ale Big Bangului

Captate de satelitul COBE, aceste hărți arată foarte mici diferențe de temperatură pe cer, reflectând neconformitățile din Univers în perioada de început. În imaginea de sus sunt reprezentate datele neprelucrate, în cea de la mijloc este îndepărtat efectul mișcării Pământului în spațiu, iar în cea de jos vedem rezultatul compensării radiației venind dinspre Calea Lactee, rămânând doar diferentele de temperatură rezultate din rămășițele Big Bangului.

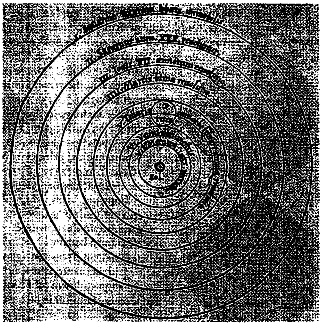


a arătat satelitul COBE (COsmic Background Explorer – Exploratorul de Fond Cosmic), materia nu era perfect uniformă atunci când radiația FCM a fost emisă. Zone cu o densitate peste medie au atras gravitațional și mai multă materie. Compresia a dus la încălzirea ușoară a acestor zone – iar acestea sunt variațiile detectate și măsurate.

Fără fluctuații asupra cărora să acționeze gravitația, ar fi fost imposibil ca dintr-un Univers care era complet uniform atunci când a fost emis FCM să fie creat Universul neuniform, plin de „cocoloașe" pe care-l vedem azi. Pe de altă parte, dimensiunile fluctuațiilor pe cer sunt de asemenea importante. Ceea ce rezultă din observațiile noastre asupra FCM este în esență o hartă a cerului în ansamblu și este ușor de văzut că regiunile albastre (mai reci) și cele roșii (mai calde) par să fie aproximativ de aceeași mărime. Ele măsoară în medie un grad în

diametru, de două ori mai mult decât mărimea aparentă a Lunii pline. După o analiză atentă, cosmologii pot confirma doar pe baza acestei dovezi că Universul este plat. Aceasta este posibil deoarece cunoaștem dimensiunea reală, fizică a fluctuațiilor din Univers în perioada de început; ele sunt prevăzute de teorie. Comparând această dimensiune preconizată cu cea aparentă aflăm cum a fost curbată lumina de când a plecat de la sursă, iar aceasta depinde de cantitatea de materie din Univers. Cu cât există mai multă materie, cu atât lumina este mai curbată. Într-un Univers închis, lumina ar fi fost deosebit de curbată, iar efectul net ar fi fost că fluctuațiile ar fi părut mai mari decât se preconiza. Într-un Univers deschis – unul în care ar exista puțină materie – fluctuațiile ar fi părut mult mai mici. De fapt, comparând simularea cu realitatea, aflăm că în Univers există doar cantitatea critică de materie – și că este plat.

Această discuție ilustrează o idee care provoacă în egală măsură entuziasm și frustrare cosmologilor. Entuziasm, pentru că revelează că studiul fondului de microunde ne poate da informații nu numai despre momentul foarte aproape de început când acesta a fost emis, ci și despre istoria Universului de atunci încoace. Și aceasta este o problemă; dacă vrem să tragem concluzii ferme despre cum era Universul în perioada de început, trebuie să avem grijă să clarificăm unele efecte mai recente, ceea ce poate fi dificil.



▲ Universul lui Copernic

Harta întocmită de Copernic a fost una dintre primele care au reprezentat Soarele în centrul sistemului nostru solar. O premisă fundamentală care stă la baza tuturor încercărilor noastre de a înțelege Universul este că zona noastră din Univers nu este cu nimic specială și că, prin urmare, putem trage concluzii asupra întregului din ceea ce vedem. Suntem ghidați de așa-numitul principiu al lui Copernic, care postulează mai formal că nici o teorie nu ar trebui să-l pună pe observator într-o poziție privilegiată. Până acum, s-a dovedit că a avut dreptate – nici Pământul nu este în centrul Universului, nici Soarele. Nici unul dintre ele nu este în centrul galaxiei noastre, iar galaxia noastră nu este singura din Univers, nici măcar nu este una foarte deosebită.

Bariera luminii

Am văzut că, înainte de crearea fondului de microunde, Universul era opac; nici o lumină nu putea parcurge acolo distanțe lungi. Nu putem privi înapoi spre această eră așa cum nu putem ridica privirea de pe Pământ ca să vedem ce se ascunde într-un nor. Această analogie nu este perfectă, dat fiind că un nor nu are lumină proprie; o imagine mai bună ne este oferită de Soare. Văzut din afară, acesta pare să aibă o suprafață definită (fotosfera), dar ceea ce vedem nu este decât limita unde materia devine transparentă. În interiorul fotosferei, gazul este atât de fierbinte, luminos și dens, încât fotonii nu pot trece pe acolo fără să se ciocnească – cam la fel stăteau lucrurile imediat după Big Bang. În exteriorul fotosferei gazul este transparent și fotonii pot trece liber, cam așa cum s-a întâmplat în Univers imediat după transparență – momentul când a fost creat FCM.

În ceea ce privește analiza norilor, avem o soluție simplă – undele radio penetrează ușor norii și deci tot putem obține niște informații de dincolo de ei sau din interiorul lor. Nu putem însă folosi aceeași soluție pentru FCM. Limita de 300 000 de ani se aplică tuturor radiațiilor electromagnetice și pare să fie o barieră insurmontabilă. Atunci cum putem vorbi cu certitudine despre condițiile existente înainte, așa cum am făcut-o până acum, cu excepția ultimelor paragrafe? Deocamdată, trebuie să ne bazăm pe teoriile existente, dintre care multe pot prezice cum ar arăta fondul de microunde. Apoi putem să comparăm aceste teorii cu FCM real și să tragem concluziile corespunzătoare.

Totuși, în mod ideal, am vrea să putem vedea dincolo de această barieră și există numeroase propuneri privind modul de a realiza acest lucru. Am putea fi capabili să detectăm particule cu o energie foarte mare care au supraviețuit neschimbate din epoca anterioară fondului de microunde. Poate că deja detectăm asemenea particule, sub forma neutrinilor aproape lipsiți de masă sau în alte forme de materie neobișnuite, însă un telescop pentru neutrini, care să poată detecta aceste particule și localiza sursa lor, nu a fost construit încă.

Privind înapoi în timp

Cosmologii nu pot utiliza eșantioane și nu le pot analiza în laborator, așa cum fac chimiștii și fizicienii, însă ei au un avantaj extraordinar: pot să privească literalmente înapoi în timp și

▶▶ De câți savanți este nevoie pentru a schimba un bec?

În cadrul experimentului Super-Kamiokande realizat în Japonia se folosesc mai multe mii de tuburi fotomultiplicatoare așezate în jurul unui rezervor de apă ultrapură, pentru a capta lumina produsă de interacțiunile neutrinilor cu apa. În 2001, majoritatea tuburilor au explodat, fiind nevoie de reparații ample. În această imagine, savanții într-o barcă gonflabilă verifică tuburile pe măsură ce bazinul este reparat și reumplut.

▼ Ice Cube

Cel mai recent telescop pentru detectarea neutrinilor, Ice Cube, în construcție din anul 2006, va folosi 4 200 de detectoare amplasate în 72 de puțuri săpate adânc în gheața Antarcticii. Se speră ca detectoarele să vadă scânteile de lumină produse de neutrini într-un kilometru cub de gheață pură. În imagine vedem cum este coborât un senzor în locul unde trebuie să se afle.

pot observa obiectul pe care-l studiază așa cum era cu milioane de ani în urmă. Amintiți-vă că pentru a vedea tot mai departe înapoi în timp trebuie doar să căutăm corpuri care sunt din ce în ce mai departe de Pământ. După cum am văzut, aceasta nu se aplică acelor evenimente dinaintea transparenței, care sunt ascunse în Universul de la început, dar deocamdată discutăm despre evenimentele pe care am putea să le observăm în mod direct.

Acest capitol a început cu momentul în care Universul a devenit transparent, un moment al cărui ecou observabil este fondul cosmic de microunde. Experimente recente, cum ar fi Boomerang, Maxima și WMAP (vezi paginile 52–53), au confirmat variațiile mici de temperatură ale acestei radiații detectate de COBE. Interpretăm acest lucru ca pe un indiciu că au existat într-adevăr neregularități în densitatea Universului la acest moment, de aproximativ o parte la zece mii. Totuși, variațiile de densitate pe care le vedem în jurul nostru astăzi sunt mult, mult mai mari. Vedem superroiuri enorme de galaxii, regiuni unde mii de galaxii se grupează laolaltă, și alte zone ale spațiului unde materia aproape că lipsește.

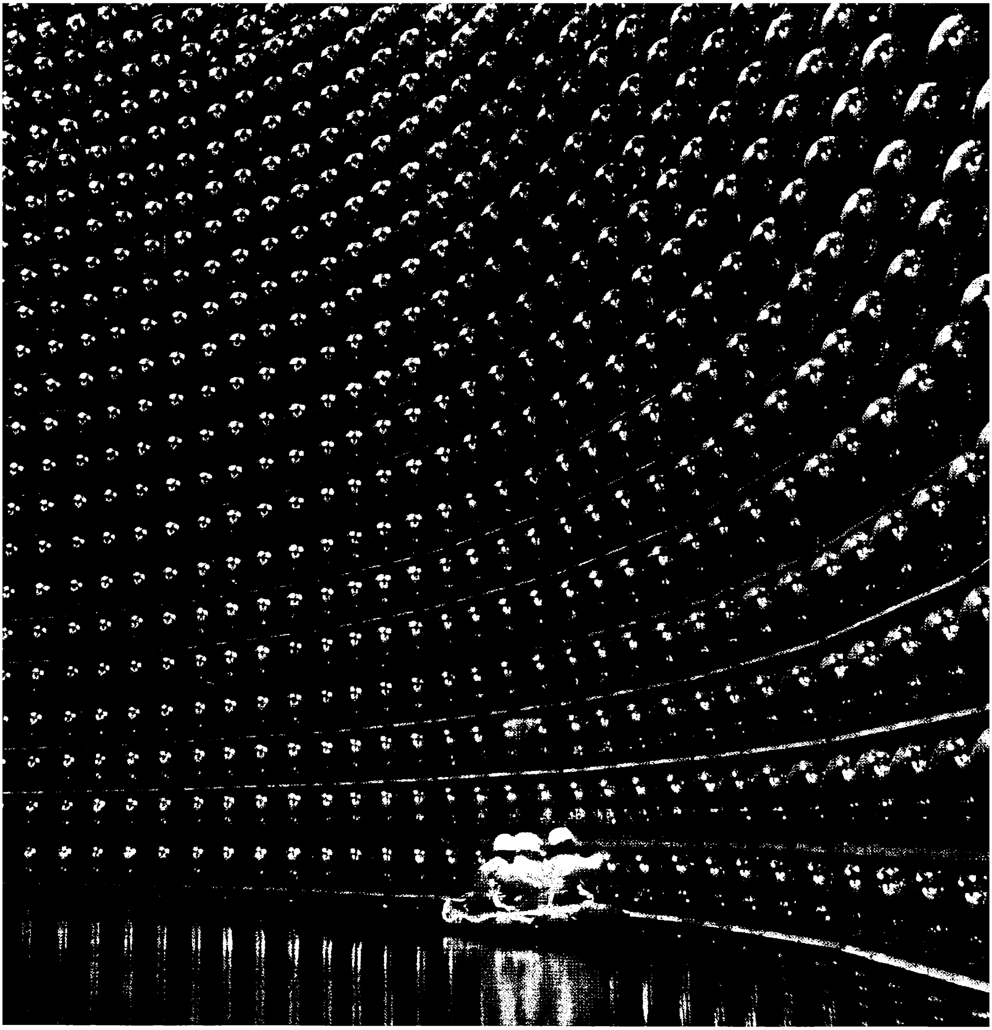
Calea Lactee, galaxia noastră, este doar una dintre milioanele de galaxii spirale și vă puteți imagina că nu există nici un motiv să ne îndoim că galaxiile (sau, mai degrabă, grupurile de galaxii) sunt împrăștiate pur și simplu la întâmplare în Univers. Totuși, imagini de mari proporții ale galaxiilor dezvăluie foarte multe structuri în formă de fagure la scară mare, inclusiv un „Mare Zid" cu o lungime de aproximativ 30 de milioane de ani-lumină. Cum a evoluat Universul devenit transparent de la starea lui timpurie, aproape uniformă, dar nu tocmai, la forma pe care o are astăzi?

Gravitația, forța universală

Singura forță pe care în mod normal am considera-o semnificativă pe distanțe astronomice este gravitația, iar forța de atracție gravitațională exercitată de un corp – fie el o stea, o planetă, un om sau un nor de gaz – depinde de cât de multă materie este în el. Observați că „masa" și „greutatea" nu reprezintă același lucru – masa este o măsură a cantității de materie prezentă, în timp ce greutatea descrie forța datorată gravitației. Deci un astronaut care se află pe orbită în jurul Pământului nu are greutate, dar cu siguranță nu putem spune că nu are masă. Putem defini gravitația ca „forța care dă greutate masei". De exemplu, Luna este un membru relativ mic al familiei Soarelui nostru și are o forță de atracție atât de slabă încât nu a putut măcar să rețină o atmosferă. Pământul este mult mai mare decât Luna, deci are o capacitate mult mai mare de a atrage obiecte spre el. Astfel, din fericire pentru noi, el poate reține atmosfera pe care o respirăm. Similar, zonele dense din Univers în perioada de început aveau o forță gravitațională mai mare decât zonele mai puțin dense, atrăgând astfel materie din împrejurimi. Desigur, aceasta le sporea forța gravitațională – și așa mai departe, procesul accelerându-se continuu. Și aici, așa cum se întâmplă adesea, bogații deveneau mai bogați, iar săracii mai săraci!

Neutrini

Astronomii au studiat aceste particule minuscule [illegible] zeci de ani. Multe au fost produse la câteva minute după Big Bang, altele sunt un produs secundar al reacțiilor care fac stelele să lumineze și sunt într-o mare măsură nereactive. În timp ce citiți această propoziție, sunt șanse ca milioane de neutrini provenind de la Soare să fi trecut prin corpul dumneavoastră fără să reacționeze, să fi intrat în Pământ și să fi ieșit pe partea cealaltă a planetei. Pentru a-i studia, astronomii și specialiștii în fizica particulelor construiesc detectoare compuse din bazine mari cu lichid cu care neutrinii ce ar trece pe acolo ar putea reacționa. Acestea trebuie să fie construite la mare adâncime în



pământ, deoarece la suprafață ar exista o contaminare prea mare cu particule precum razele cosmice – nuclei cu energie mare care se lovesc de atmosfera superioară a Pământului cu o viteză apropiată de cea a luminii, propulsați în Univers de cele mai puternice explozii cunoscute, despre care vom vorbi mai pe larg mai târziu. În forma actuală, aceste detectoare sunt prea mici pentru a putea funcționa ca niște telescoape adecvate. Ele ne pot spune cât neutrini reacționează cu detectorul și pot măsura proprietățile acestora, dar nu ne pot spune din ce direcție vin neutrinii din cosmos. Pentru a ști acest lucru, vom avea nevoie de echipamente mult mai mari. Un astfel de detector, aflat în prezent în construcție, este Ice Cube, care va folosi un kilometru cub de gheață transparentă, absolut pură de sub Polul Sud, ca un mare detector de neutrini.

▶▶ Univers virtual

Un cadru static dintr-o simulare pe calculator a dezvoltării Universului în perioada de început arată o parte a acestuia cu lățimea de un miliard de ani-lumină. Fiecare filament conține materia care se va strânge laolaltă pentru a forma mii de galaxii, iar simularea indică faptul că Universul devine tot mai neregulat în timp. Această simulare include efectul materiei negre *(dark matter)*, care interacționează numai prin gravitație. Pe de altă parte, nu ia în considerare posibilele efecte ale materiei „normale", o sarcină mult mai dificilă pentru un computer. Cu toate acestea, comparând asemenea simulări cu realitatea observată, oamenii de știință au putut afla foarte multe despre Universul în care trăim.

În interiorul fiecăreia dintre aceste zone mai dense existau alte variații localizate ale densității și acționau aceleași tipuri de procese – o masă mai mare, o forță de atracție mai mare, mai multe prăbușiri galopante. În prezent, putem reconstitui pe computer ce s-a întâmplat și putem construi un model care oferă o bună reprezentare a evoluției structurii de mari proporții pe care o vedem astăzi în Univers.

Oriunde se formează structuri, trebuie să luăm în considerare două tendințe opuse; extinderea spațiului, care a început odată cu Big Bangul, și, la nivel local, contracția sub influența gravitației. Odată ce un corp în formare acumula o masă suficientă, putea rezista procesului general de extindere și se prăbușea.

Un roi de galaxii va fi avut la început dimensiuni reduse, mărindu-și volumul odată cu expansiunea Universului, acumulând continuu materie din împrejurimi. Pe măsură ce materia pe care o putea acumula se împuțina, roiul s-a mărit mai lent până când a încetat să se extindă. După ce roiul local de galaxii în formare se extinsese la maximum, acesta a putut să se prăbușească la mărimea lui finală. Forța gravitațională slăbește odată cu creșterea distanței, astfel încât, în această etapă a evoluției Universului, prăbușirea gravitațională era posibilă doar la scară mică – se formau primele galaxii, niște simple aglomerări de gaz.

Timpuri crepusculare

Cum arătau aceste aglomerări? Nu le putem vedea deoarece ne uităm încă la ceea ce Martin Rees, al 15-lea astronom regal, a numit „timpurile întunecate". În această perioadă, începută imediat după epoca fondului de microunde, nu existau stele care să lumineze.

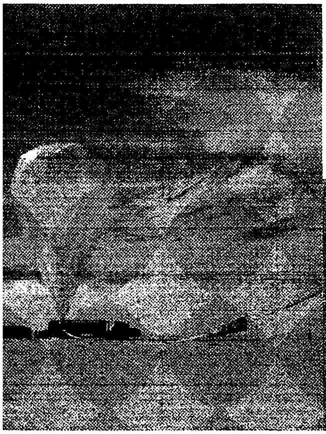
Însă exista, desigur, ecoul relativ recent al momentului transparenței. Această radiație (pe care ar trebui poate să o numim acum fondul cosmic de radiație electromagnetică, în loc de FCM) a apărut la o temperatură de aproximativ 3 000 de grade, comparabilă cu aceea a unei flăcări cu oxiacetilenă, deci a existat de fapt o lumină difuză, care a devenit din ce în ce mai slabă și mai roșie, în toată această perioadă. În realitate, poate că este corect să spunem că în Univers nu a fost niciodată complet noapte, ci doar seară!

Prăbușirea gravitațională a materiei care a sfârșit prin a forma galaxii a continuat în lumina tot mai slabă a Universului în răcire. Apoi a intervenit o schimbare dramatică; semiîntunericul a fost brusc luminat când au apărut o mulțime de stele. Universul a explodat într-o revărsare de lumină. Cât de bruscă a fost această schimbare este încă un subiect de controversă, însă a venit momentul să vorbim despre epoca în care au apărut primele stele.

Din toate punctele de vedere, în momentul Big Bangului au fost create doar trei elemente: hidrogenul, heliul și o cantitate mică de litiu; alte elemente erau prezente în cantități neglijabile. Toate celelalte elemente pe care le cunoaștem astăzi au fost sintetizate în interiorul stelelor. S-a spus adesea că suntem „praf de stele" și este foarte adevărat. Materia din Soare

▼ Boomerang

Imaginea prezintă balonul de aproximativ 300 000 m³ care a transportat în stratosferă echipamente destinate experimentelor asupra FCM, chiar înainte de ridicare; în fundal se vede Muntele Erebus din Antarctica.



Un balon cu vedere la cer

Înainte de dezvoltarea bazelor de cercetare spațiale, astronomii aveau un dezavantaj major: instrumentele amplasate la sol [illegible] nu puteau măsura variațiile de temperatură ale fondului de microunde. Primele rezultate (imagini) cu o rezoluție suficient de mare pentru a observa aceste variații au fost obținute abia în 1992 de satelitul denumit COBE (Cosmic Background Explorer). Noi date ne-au parvenit în 1999, nu din spațiu, ci de la echipamentele transportate într-un balon cu heliu zburând în Antarctica, unde clima uscată este favorabilă observațiilor științifice. Unii astronomi cred că zona Polului Sud este cea mai bună de pe Pământ pentru observații astronomice și se efectuează în continuare teste în această regiune. Au existat două proiecte distincte: Boomerang (The Balloon Observations of

și întregul nostru sistem solar au fost deja reutilizate prin formarea, probabil, a două generații de stele. După cum vom vedea mai târziu, exploziile din viața multor stele transformă hidrogenul și heliul în elemente mai grele. De exemplu, prezența aurului este un indiciu clar că materia a provenit din explozia unei supernove. Pe de altă parte, primele stele care s-au format nu conțineau decât trei elemente, cele mai ușoare.

Pentru a forma o stea, o aglomerare de gaz trebuie să se prăbușească, iar pentru a se prăbuși trebuie să se răcească. În Universul de astăzi radiația provenind de la atomii de

Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics – Observatii din balon asupra radiatiilor extragalactice milimetrice si geofizicii) si Maxima (Millimeter Anisotropy Experiment IMaging Array – Experiment de reprezentare a anizotropiilor milimetrice în matrice bidimensionala). Pentru Boomerang s-a folosit un telescop având o oglindă principala cu diametrul de 1,2 m, transportat de un balon la înaltimea de 37 km; a acoperit o suprafata de 1.800 de grade patrate pe cer si a ajuns la o rezolutie de aproximativ 35 de ori mai buna decât a satelitului COBE. Aceste imagini, perfect focalizate pe fondul de microunde, au dezvaluit sutele de regiuni complexe vizibile ca variatii minuscule – fiecare reprezentând o diferenta de doar 0,0001 grade.

Imaginile surprinse de Boomerang au fost depasite de cele furnizate de WMAP (The Wilkinson Microwave Anisotropy Probe – Sonda Wilkinson de cercetare a anizotropiei fondului cosmic de microunde). Aceasta misiune a revelat mici variatii ale temperaturii, dovada primei etape de formare a galaxiilor.

▶ Un recensământ galactic

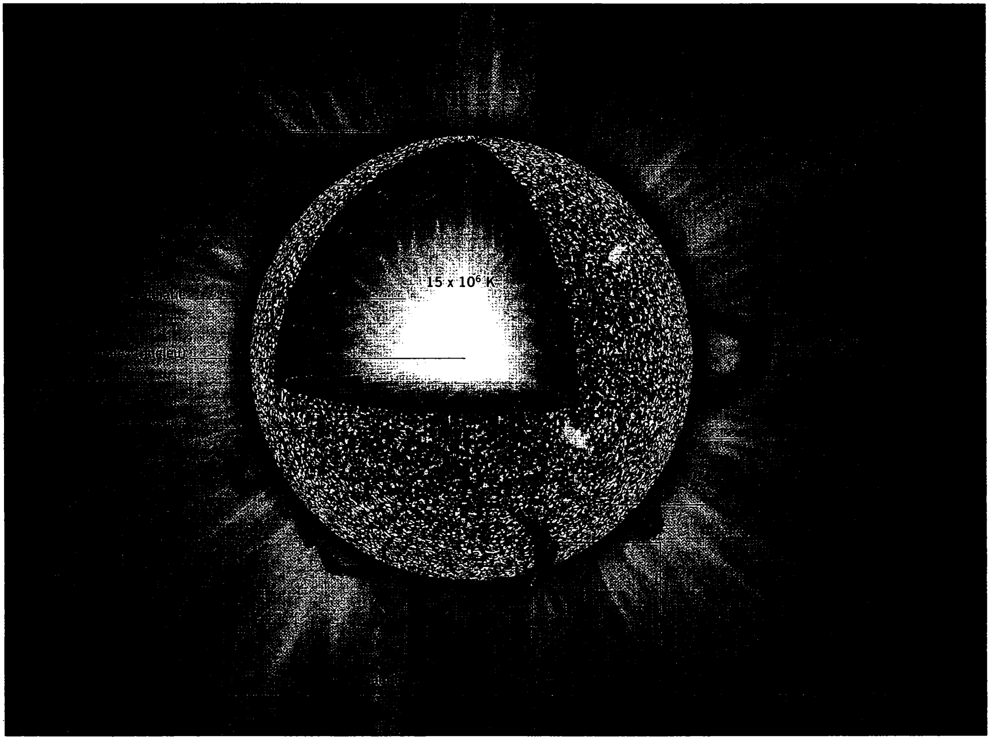
Câmpul de două grade (Two-Degree Field, 2dF) a măsurat deplasarea spre rosu a 240 000 de galaxii (echivalentă cu viteza cu care acestea se îndepărtează de noi). Experimentul a făcut măsuratori în două benzi situate în direcții opuse pe o distanță de un miliard de ani-lumină în vecinătatea sistemului solar. Vitezele se traduc în distante, iar harta tridimensională care rezultă arată cum este distribuită masa în Universul ce ne înconjoară. Harta arată numai 20–30% din masa totală de care ar fi nevoie pentru ca Universul să fie „plat". Deoarece alte experimente indică faptul că acesta este plat, este evident nevoie să presupunem că există un fel de materie neagră *(dark matter)* – a cărei prezență este simțită doar prin gravitatie, dar care nu poate fi detectată altfel.

carbon și de oxigen ia energie din aglomerările de gaz care se prăbușesc, însă în epoca pe care o descriem – unde nu exista altă sursă de răcire în afara hidrogenului molecular – procesul era mult mai puțin eficient. Prin urmare, numai aglomerările mari se puteau prăbuși, iar stelele care se formau din ele erau de asemenea foarte mari. Primele stele au fost într-adevăr foarte masive – având o masă poate de sute de ori mai mare decât a Soarelui din sistemul nostru solar. Cu rezervele lor enorme de combustibil, ne-am aștepta ca acești giganți să strălucească mult mai mult timp decât Soarele, dar, de fapt, este tocmai invers. Primele stele au trăit puțin și au murit tinere, supraviețuind doar câteva milioane de ani. Prin comparație, Soarele nostru va avea o durată totală de viață activă de aproximativ nouă miliarde de ani.

Sursa energiei stelelor

Pentru a înțelege de ce s-a întâmplat asta, trebuie să analizăm condițiile existente în centrul stelelor. O singură stea este disponibilă pentru a fi studiată îndeaproape – Soarele. Acesta, ca toate stelele normale, este o sferă imensă de gaz incandescent, suficient de mare să cuprindă peste un milion de corpuri cerești având volumul Pământului. Suprafața lui are o temperatură de 5 600°C, în timp ce nucleul, unde se produce energia, atinge în jur de 15 milioane °C.
Nu putem privi prea departe în interiorul Soarelui, dar îi putem examina compoziția. Putem construi modele matematice care par să corespundă observațiilor și, astfel, putem estima cu certitudine temperatura centrului său. Soarele conține foarte mult hidrogen, care reprezintă aproximativ 70% din masa lui. Acest hidrogen servește drept „combustibil". La fel se întâmpla și în cazul primelor stele.

Am văzut că un atom de hidrogen, cel mai simplu dintre toți, are un singur proton ca nucleu și un electron care se învârtește în jurul lui. În interiorul unei stele, căldura este atât de mare încât electronul este smuls de lângă nucleu, descompletând atomul; se spune atunci că atomul a fost „ionizat". În centrul stelei, unde presiunea și temperatura sunt atât de mari, acești nuclei se mișcă cu o viteză enormă, atât de mare încât atunci când se ciocnesc pot avea loc reacții nucleare. Nucleii de hidrogen se combină pentru a constitui nuclei de heliu, cel mai ușor element chimic după hidrogen. E adevărat că aceasta se întâmplă într-un mod destul de complicat, însă până la urmă patru nuclei de hidrogen se combină, formând un nucleu de heliu. Mai sunt și produsele secundare, precum și lumina care vine de la stele, și particulele

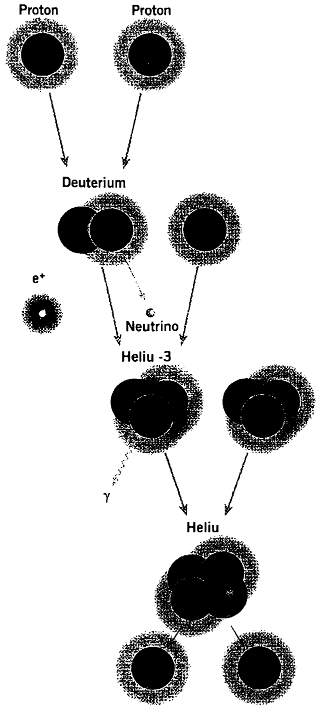


ciudate numite neutrini; despre toate acestea vom vorbi mai mult în curând. În procesul de formare a heliului, se pierde puțină masă și este eliberată foarte multă energie. Această energie eliberată face stelele să lumineze, iar Soarele din sistemul nostru solar pierde o masă echivalentă cu patru milioane de tone în fiecare secundă. Soarele este mult mai mic acum decât când ați început să citiți acest paragraf. Rezervele de hidrogen nu pot dura la nesfârșit, dar nu există motive imediate de îngrijorare. Soarele a apărut acum aproximativ cinci miliarde de ani și deocamdată, după standardele stelare, nu a ajuns decât la jumătatea duratei sale de viață. Când tot hidrogenul disponibil se va fi consumat, el nu se va stinge pur și simplu; dar aceasta este o altă poveste, dintr-un alt capitol.

Așadar, cel puțin în ceea ce privește Soarele, energia care îl face să strălucească este furnizată de pierderea de masă prin conversia a patru nuclei de hidrogen într-un singur nucleu de heliu mai ușor. Cea mai cunoscută ecuație din lume, $E = mc^2$, ne spune că masa (m) este echivalentă cu energia (E). Factorul de conversie (c^2), egal cu viteza luminii la pătrat, este mare, astfel încât pierderea unei cantități mici de masă produce o cantitate enormă de energie. Soarele pierde aproximativ patru milioane de tone de materie pe secundă!

▲ În interiorul Soarelui

Distanța de la centru la fotosferă este de aproape 700 000 km, aproximativ egală cu un drum dus-întors de la Pământ la Lună.



▲ **Fuziune nucleară**

Atomii de hidrogen fuzionează, formând heliu în centrul Soarelui, generând energia care ne dă lumină, căldură și viață. Acest proces este cunoscut sub numele de ciclul proton–proton.

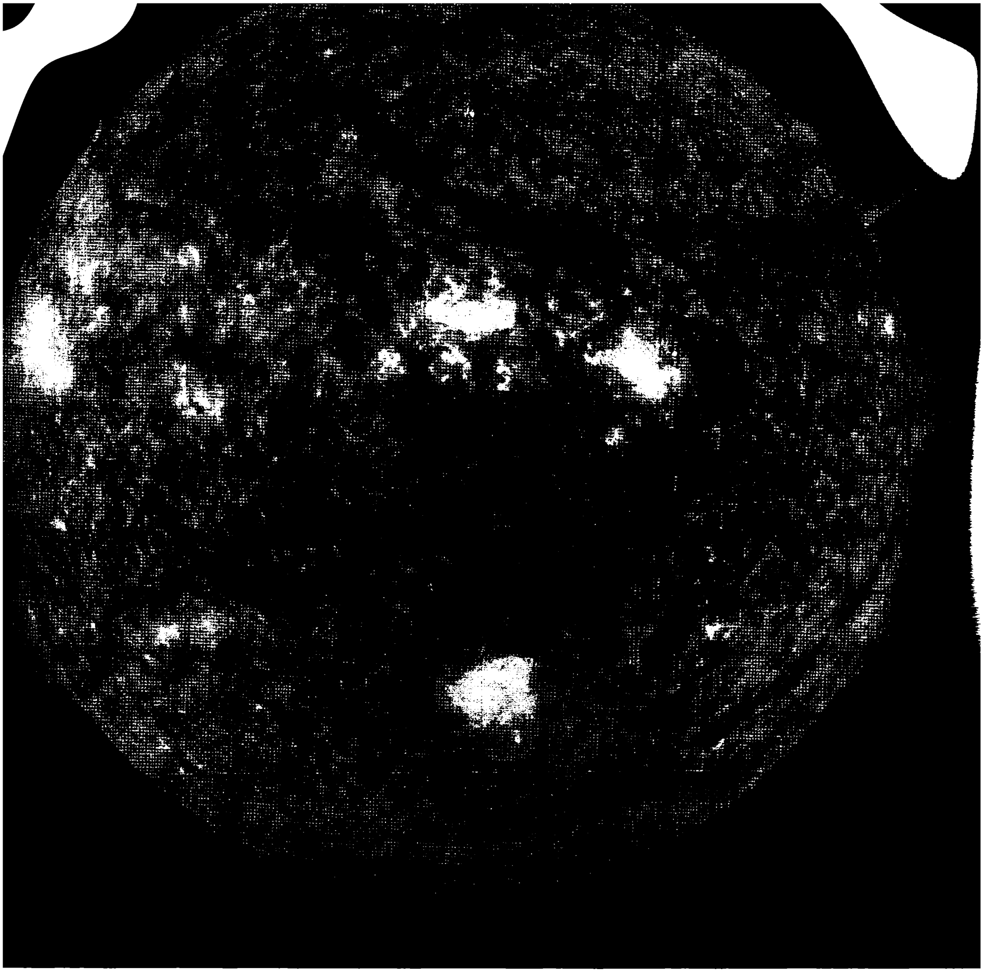
Cum dispare această materie? Fiecare dintre cei patru nuclei de hidrogen este format dintr-un singur proton – atomul de hidrogen este cel mai simplu dintre toți atomii, fiind compus doar dintr-un electron care se rotește în jurul unui proton –, în timp ce nucleul de heliu este alcătuit din doi neutroni și doi protoni. Pe de altă parte, un neutron este puțin mai greu decât un proton, astfel încât, dacă adunăm masele proprii ale particulelor, se pare că nucleul de heliu trebuie să fie mai greu decât patru atomi de hidrogen; masa pare să fi crescut. Cu toate acestea, un nucleu de heliu cântărește mai puțin decât patru protoni, deși este compus din particule mai grele. Suntem obligați iarăși să ne amintim că suntem în domeniul fizicii cuantice și că efectele asociate ale acesteia predomină, iar soluția se află tot aici. Dacă măsurăm masa unui proton izolat, aceasta este puțin mai mică decât a unui neutron, însă particulele subatomice nu sunt libere. Într-un atom de heliu ele sunt unite de forța nucleară puternică și au mai puțină libertate de mișcare. Crearea acestor legături între particulele subatomice eliberează energie și putem constata o scădere a masei.

De ce are nucleul produs doi protoni și doi neutroni? Pentru astrofizicienii care studiază aceste reacții ar fi mult mai simplu dacă ar fi posibil să se formeze o legătură stabilă doar între doi protoni. Atunci acest „heliu ușor" ar putea fi produs prin ciocnirea directă, frontală a doi protoni, care ar elibera radiație electromagnetică. Însă forțele care acționează între doi protoni nu sunt destul de puternice să-i țină laolaltă când, dat fiind că amândoi transportă o sarcină pozitivă, forța electromagnetică încearcă să-i despartă. În loc să urmeze această schemă simplă de combinare a protonilor, procesul care are loc în interiorul Soarelui, și, mai mult, al tuturor stelelor, este unul subtil și surprinzător de lent.

Deoarece nu putem să punem laolaltă doi protoni, trebuie să găsim o cale de a evita această stare care blochează formarea nucleilor mai complicați. Trebuie să luăm aici în discuție nucleii, nu atomii întregi, pentru că, la temperaturile existente în centrul unei stele, electronii, care în mod normal se învârt în jurul nucleilor, formând atomi, au mult prea multă energie pentru a fi captați. Singura forță care poate fi de ajutor este forța nucleară slabă, care determină spontan protonii să se dezintegreze în neutroni, eliberând un pozitron și un neutrino. Neutronul nou creat este captat de un proton care trece pe lângă el, formând un nucleu de deuteriu. Deuteriul este în esență hidrogen greu, atomul lui conținând și un neutron care se adaugă la obișnuitul proton. Forța slabă se dovedește pe măsura numelui ei, aceasta fiind etapa cea mai lungă – un proton poate sta în medie cinci miliarde de ani în centrul Soarelui înainte să formeze un nucleu de deuteriu – însă de acum procesul se accelerează.

Într-un timp mediu de aproximativ o secundă, nucleul de deuteriu mai prinde un proton, formând un nucleu stabil cu doi protoni și un neutron – heliu-3, o formă de heliu ușor. În 500 000 de ani, în medie, acest nucleu se va ciocni cu altul, formând mai cunoscutul nucleu de heliu cu doi protoni și doi neutroni, și eliberând doi protoni care reîncep ciclul. Această etapă este întârziată din cauză că este dificil ca doi nuclei mari cu sarcini pozitive să se unească. Forța puternică, acționând pe distanțe extrem de mici, atrage nucleii unul către altul, însă aceștia sunt respinși de forța electromagnetică, prin care particulele cu sarcini pozitive sunt ținute la distanță una de alta. În cele din urmă, nucleii vor trece destul de aproape unul de altul pentru ca forța puternică să acționeze, rezultând energie sub formă de radiație, un pozitron, care se combină cu antiparticula lui și eliberează și mai multă energie, și un neutrino.

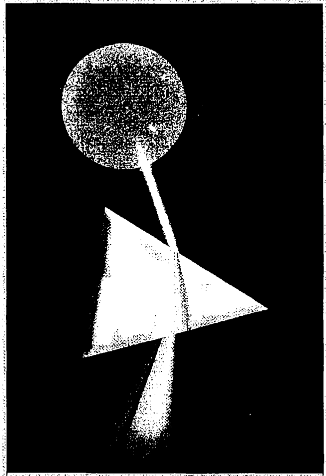
Neutrinii sunt particule minuscule care se mișcă cu viteză mare și interacționează rar cu alte particule, țâșnind așadar din centrul Soarelui relativ nestânjeniți, prin masa de gaz din jur. Unii ajung pe Pământ, unde s-au construit mari detectoare pentru a-i descoperi. Mulți ani, aceasta a reprezentat o problemă – căci erau prea puțini neutrini pentru a fi detectați –,

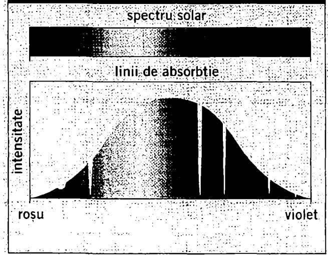


se credea că un neutrino trebuie să fie produs la fiecare secvență de ciocniri care duceau la formarea unui nucleu de heliu. Neutrinii au o capacitate remarcabilă de a-și schimba „aroma" (tipul) pe parcurs. Specialiștii în fizica particulelor știu că există trei tipuri de neutrini, și se pare că aceștia au capacitatea de a se modifica permanent dintr-un tip în altul. Experimentele inițiale nu detectau decât un anumit tip de neutrino, dar ne-au confirmat că teoria noastră despre ce se întâmplă în centrul Soarelui, la o temperatură mult mai mare decât s-ar putea atinge în orice experiment de pe Pământ, este în esență corectă. De asemenea, ele au furnizat prima dovadă solidă că neutrinii au o masă finită (dar mică), pentru că, dacă ar fi lipsiți de masă, nu ar putea să se transforme dintr-un tip de particulă în altul.

▲ Soarele activ

Această imagine arată o protuberanță enormă de forma unui mâner – un nor de plasmă relativ densă suspendat în coroana solară la o temperatură de 60 000 de grade. Zonele mai fierbinți au o culoare mai deschisă, cele mai reci, mai închisă.





▲ **Spectru de absorbție**

Această imagine ilustrează apariția liniilor de absorbție. Suprafața extrem de fierbinte a Soarelui (fotosfera) emite lumină albă, care trece prin regiunile exterioare puțin mai reci (se poate vedea aici cromosfera, care prezintă niște proeminențe solare). Această lumină, descompusă de prismă în culorile sau frecvențele sale componente, e alcătuită dintr-un spectru continuu de „corp negru" de forma unei cocoașe, tipic pentru un obiect incandescent, străbătut de liniile „Fraunhofer" de culoare închisă, ce reprezintă dovada că gazele din straturile mai reci ale Soarelui au eliminat din imagine aceste frecvențe.

▶ **Schița lui Newton**

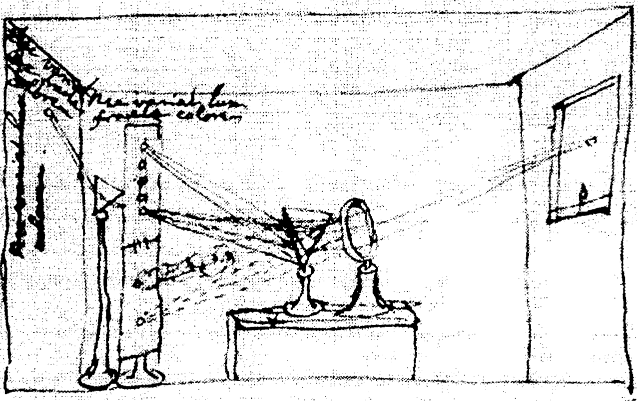
O reproducere a schiței originale desenate de Sir Isaac Newton, prezentând planul experimentului său celebru menit a descompune lumina albă în culorile ce o compun.

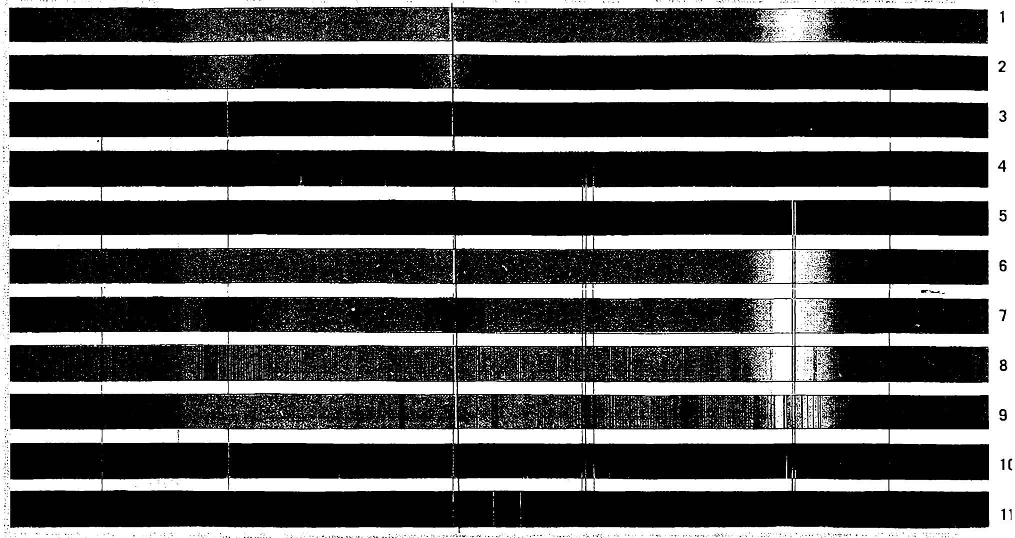
SPECTRELE

Sir Isaac Newton a fost primul care a descoperit că, dacă o rază de soare trece printr-o prismă de sticlă, lumina se descompune într-un amestec de lungimi de undă de la roșu (lungi) la violet (scurte). El a lăsat să treacă lumina soarelui printr-o gaură, apoi printr-o prismă și a desenat-o într-o succesiune de culori – primul spectru realizat în mod intenționat. Newton nu a dezvoltat prea mult acest experiment (poate fiindcă lentilele disponibile erau confecționate din sticlă de calitate proastă, dar, desigur, și fiindcă îl preocupau alte lucruri); următorul progres real în acest domeniu i se datorează savantului englez W.H. Wollaston și datează din 1801. Wollaston a folosit o fantă, în loc de o gaură, în paravanul construit de el, iar spectrul solar arăta ca o bandă colorată străbătută de linii negre. El a crezut că aceste linii marcau doar limitele dintre diferitele culori – ratând astfel șansa de a face o mare descoperire. Cel care a făcut-o, după mai mult de zece ani, a fost opticianul german Joseph von Fraunhofer.

Ca și Wollaston, Fraunhofer a realizat un spectru solar. A făcut o schiță a liniilor negre și a constatat că ele nu variau nici ca poziție, nici ca intensitate; de exemplu, erau două linii negre vizibile în partea galbenă a benzii. Ce a dus la apariția acestor linii? Răspunsul la această întrebare a fost dat în 1858 de Gustav Kirchhoff și Robert Bunsen, care pot fi considerați fondatorii spectroscopiei moderne.

Întocmai precum un telescop adună lumina, un spectroscop o descompune în spectrul ei complet, foarte asemănător unui curcubeu. Dacă examinați spectrul unui corp solid luminos sau al unui lichid luminos, veți vedea o bandă continuă de culori ale curcubeului. Dar spectrul unui gaz sub presiune mică va fi foarte diferit: în loc de un curcubeu, veți vedea linii strălucitoare izolate – un spectru de emisie (vezi imaginea din dreapta). Kirchhoff și Bunsen au observat că fiecare linie este marca unui anumit element sau grup de elemente și că nu poate fi copiată. Astfel, sodiul produce două linii de un galben intens, pe lângă o mulțime de alte linii. Unele elemente au spectre complicate. De exemplu, fierul are mii de linii. Dar cea mai importantă descoperire a fost că și-au dat seama că liniile negre care străbat spectrul continuu al Soarelui corespund întocmai liniilor strălucitoare de emisie ale gazelor luminoase din laborator. În prezent știm că fiecare linie spectrală este generată de o anumită transformare a stării unui electron din învelișul unui atom de gaz. Dacă gazul este fierbinte, vedem o linie de emisie, căci energia





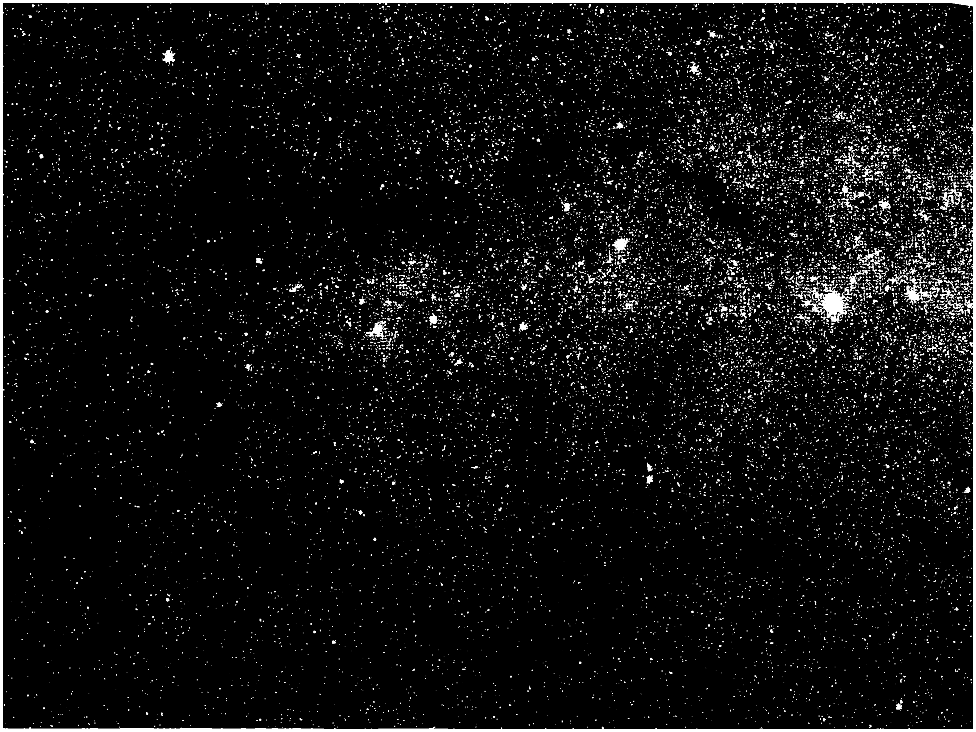
electronului scade, acesta emițând energie, iar dacă gazul este rece, privind pe un fundal luminos continuu precum Soarele, observăm o linie neagră de absorbție, căci energia electronilor crește, aceștia absorbind energie cu aceeași frecvență. Perechea distinctivă de linii negre care apare în partea galbenă a spectrului solar este un indiciu clar al prezenței gazului de sodiu relativ rece. Studiind aceste linii Fraunhofer, s-a putut demonstra că există o abundență de elemente gazoase în atmosfera internă a Soarelui, o regiune denumită adesea „stratul de inversiune".

Liniile negre, numite acum liniile Fraunhofer, pot furniza informații despre mișcare și, indirect, despre distanță. Ascultați sirena unei ambulanțe. Când mașina se apropie, la ureche ajung mai multe unde sonore pe secundă decât dacă aceasta ar staționa; lungimea de undă este efectiv scurtată, iar sirena scoate un sunet ascuțit. Când mașina a trecut și a început să se îndepărteze, la urechea dumneavoastră ajung mai puține unde sonore pe secundă, lungimea de undă crește și tonalitatea este mai joasă. Acesta este efectul Doppler, numit astfel după fizicianul austriac care l-a explicat pentru prima oară. Exact același lucru se întâmplă și cu lumina. În cazul unei surse care se apropie, lungimea de undă se micșorează și face lumina mai albastră; în cazul unei surse care se îndepărtează, lumina devine roșie. Schimbarea culorii este prea mică pentru a fi observată, dar efectul apare în liniile Fraunhofer. Dacă toate aceste linii sunt deplasate spre roșu, adică spre lungimile de undă mai mari, sursa se îndepărtează. Cu cât mai mare este deplasarea spre roșu, cu atât mai mare este viteza cu care sursa se îndepărtează.

Să ne întoarcem acum la spectrul solar. Suprafața strălucitoare a Soarelui sau fotosfera produce un spectru continuu. Deasupra ei se găsește un strat de gaz la o presiune mult mai mică (cromosfera) și ar fi de așteptat ca acesta să producă un spectru de emisie. Chiar așa este, însă, văzute pe fondul curcubeului, liniile sunt „inversate" și par negre, nu de culori deschise. Pozițiile și intensitățile nu sunt afectate; cele două linii negre din partea galbenă a spectrului solar corespund liniilor de emisie ale sodiului, și astfel putem dovedi că există sodiu în compoziția Soarelui.

▲ Spectre istorice

Acest frontispiciu al manualului *Elementary Lessons in Astronomy (Lecții elementare de astronomie)*, scris de Norman Lockyer în 1874 (niciodată depășit!), ilustrează clar corespondența dintre spectrele de emisie și cele de absorbție. Cele două linii distinctive ale sodiului sunt observate aici separat în emisie (spectrul 5) și în absorbție pe fondul unui spectru continuu (spectrul 6). Ele sunt vizibile și mai jos ca linii Fraunhofer în spectrele lui Sirius (7), al Soarelui (8) și al stelei Betelgeux (9). Celelalte linii din acest spectru indică prezența multor alte elemente.



▲ **Centrul Căii Lactee**

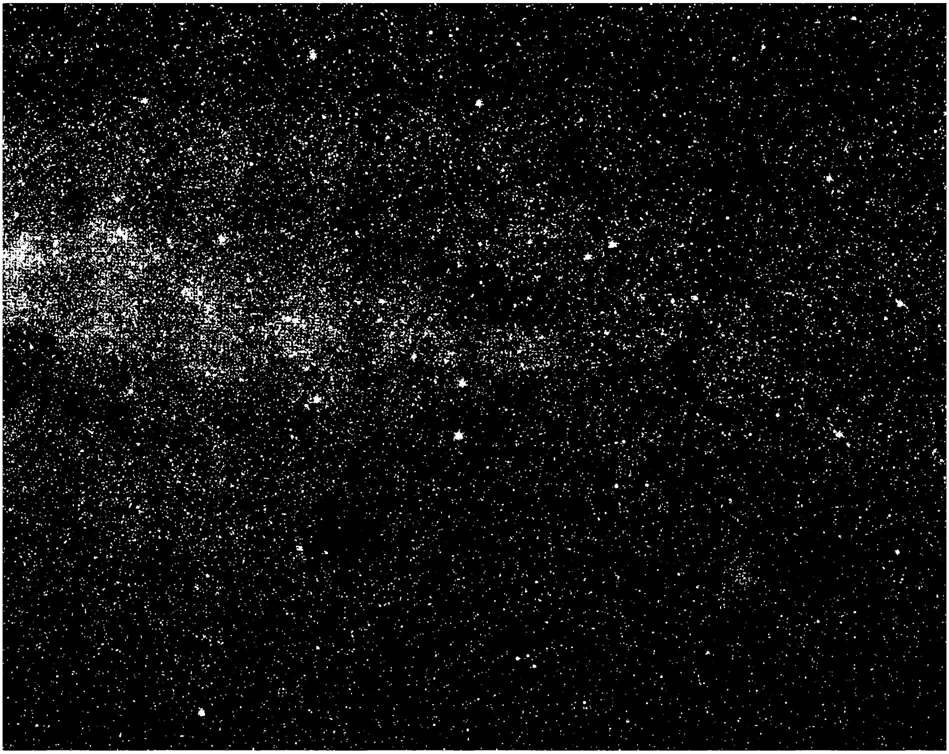
În această imagine în infraroșii surprinsă cu telescopul spațial Spitzer al NASA se observă sute de mii de stele în centrul galaxiei noastre. La lumină vizibilă aceste stele nu pot fi văzute deloc, din cauza prafului dintre Pământ și centrul galaxiei.

Viața primelor stele

Dat fiind că primele stele care au apărut în Univers – cele care au pus capăt epocii întunericului – erau foarte mari, fiecare având poate o greutate echivalentă cu cea a 150 de sori, presiunile gravitaționale datorate dimensiunilor lor imense au produs o temperatură foarte ridicată în centrele lor. Reacțiile nucleare care fac stelele să strălucească s-au desfășurat probabil mai rapid, astfel încât materia a fost repede epuizată. Primele stele au rămas fără combustibil într-o perioadă destul de scurtă, poate într-un milion de ani.

Înainte de apariția primelor stele, Universul era o mare de atomi, în special de hidrogen. Stelele gigantice s-au aprins și radiația emisă de ele s-a revărsat în afară, scoțând electronii din atomi – care, astfel, au fost ionizați. Treptat, fiecare stea nou apărută a fost înconjurată de un balon de gaz ionizat. Stelele mai puternice au produs probabil mai mult gaz ionizat. Energia stelei putea influența acest gaz doar la o anumită distanță, însă aceste stele erau destul de mari și aveau destulă energie pentru a crea nori de gaz enormi, cu un diametru de zeci de mii de ani-lumină.

Ce s-a întâmplat apoi? Din când în când, norii de gaz ce înconjurau două stele diferite se întâlneau. Imediat, toată materia pe care o conțineau era expusă luminii combinate a celor două stele. Primind o energie de două ori mai mare, norul de gaz se mărea mult mai repede. Aceasta însemna că era foarte probabil ca norul în creștere să se ciocnească de un altul din vecinătate, întregul proces accelerându-se. Într-o perioadă relativ scurtă,



un Univers în care predomina hidrogenul s-a transformat într-unul în care 99% din materie era ionizată.

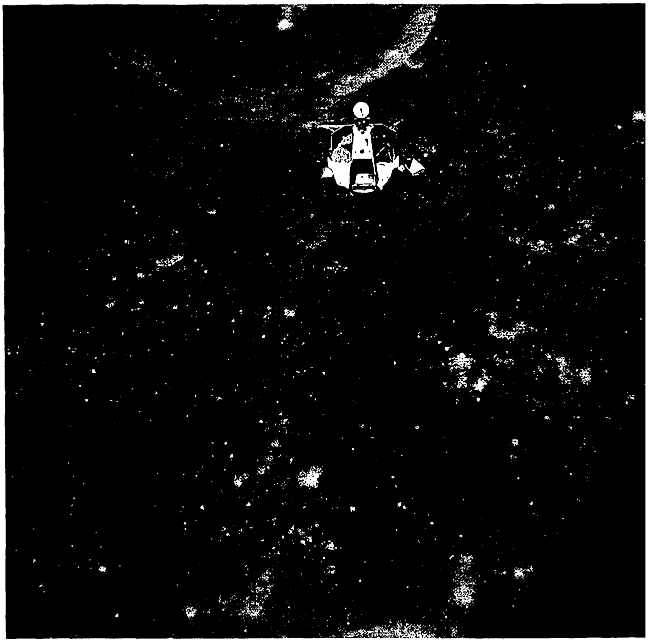
Găurile negre – un drum fără întoarcere

Există și o altă cauză care ar putea să fi produs această primă ionizare. Aproape toate galaxiile, inclusiv a noastră, au o gaură neagră masivă în centru. O gaură neagră este produsă de prăbușirea unei stele uriașe. Are o forță gravitațională atât de mare încât nici măcar lumina nu poate scăpa de acolo; viteza ei de învingere a atracției gravitaționale este prea mare. Conceptul de viteză de învingere a atracției gravitaționale este destul de simplu; reprezintă viteza pe care trebuie să o atingă un corp ceresc pentru a scăpa din câmpul gravitațional al unui corp mai mare. În cele din urmă, viteza de învingere a atracției gravitaționale a unei stele care se prăbușește atinge 300 000 km/s, viteza luminii. Lumina nu mai poate trece liber si, dat fiind că aceasta călătorește cel mai repede în Univers, bătrâna stea este înconjurată astfel de o zonă interzisă de unde nimic nu poate scăpa. Evident, noi nu o putem vedea, pentru că nu emite radiație, dar o putem localiza datorită efectului ei gravitațional asupra corpurilor pe care le putem detecta – de exemplu, atunci când gaura neagră face parte dintr-un sistem de stele binar.

Rezultatul: gaura neagră este izolată de împrejurimile ei și, fiindcă nici un fel de radiație nu poate ieși de acolo, nu avem cum să cercetăm interiorul acesteia. Putem doar să facem

▶ Viteza de învingere a atracției gravitaționale

Dacă aruncați un obiect în sus, va ajunge până la o anumită înălțime, se va opri, după aceea va cădea înapoi pe Pământ. Dacă-l aruncați mai repede, va ajunge mai sus. Dacă-l aruncați cu o viteză de 11 km/s (e drept, acest lucru este destul de dificil), nu se va mai întoarce niciodată. Forța gravitațională a Pământului nu va fi suficient de puternică pentru a-l reține și obiectul va cădea în spațiu; de aceea, această valoare este numită viteza de înfrângere a gravitației Pământului. Viteza de învingere a gravitației Soarelui, care este o stea normală, este de 618 km/s, iar viteza de învingere a gravitației Lunii, care are o masă de optzeci de ori mai mică decât a Pământului, este de numai 2,4 km/s. Aceasta nu este suficientă pentru a reține o atmosferă; orice aer care ar fi existat pe Lună s-a răspândit de mult în spațiu. (De fapt, Luna are o atmosferă extrem de subțire, care este permanent umplută cu praf de la suprafață și care se pierde continuu.) Pentru a părăsi Pământul, astronautii de pe *Apollo* au avut nevoie de o rachetă mare, *Saturn V*, în timp ce pentru a pleca de pe Lună, nu au avut nevoie decât de un modul lunar cu motoare de mici dimensiuni, precum cel din imagine.

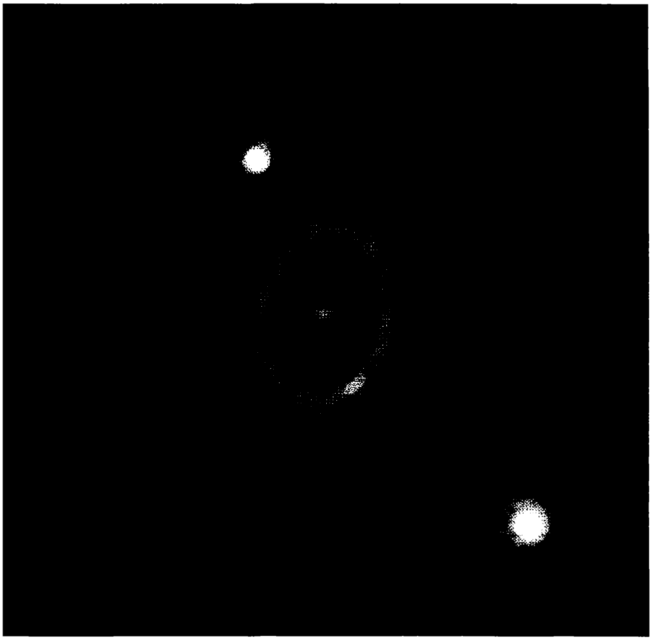


speculații în legătură cu condițiile din interiorul ei. Căderea pe un astfel de corp ar fi cu siguranță un drum fără întoarcere și nu este deloc recomandată; oamenii de știință au inventat cuvântul „spaghetificare" pentru a descrie acest proces – un avertisment destul de clar pentru oricine ar încerca să viziteze o asemenea gaură.

O gaură neagră este produsă de obicei de prăbușirea unei stele cu masa de 8 până la 10 ori mai mare decât a Soarelui nostru, dar acest lucru poate să nu fie valabil în cazul găurilor negre foarte mari din centrele galaxiilor, care conțin echivalentul a milioane de mase solare. Se poate ca aceste găuri negre foarte masive să se fi format într-o perioadă foarte timpurie din istoria Universului. Dacă-i așa, prima lumină nu a fost produsă de stele, ci de materia care cădea în aceste găuri negre, încălzindu-se, ceea ce ar fi fost suficient pentru a provoca o ionizare pe scară largă. În acest caz, găurile negre răspunzătoare pentru acest proces există încă, ascunse în centrele galaxiilor de azi. Nu este încă clar care dintre cele două posibile mecanisme de ionizare a acționat. Trebuie să aflăm mai multe despre această epocă ciudată înainte ca discuția să poată fi tranșată.

Supernovele

Aceste prime stele, neobișnuit de mari, au existat la un moment dat, iar influența lor asupra împrejurimilor nu s-a sfârșit odată cu reionizarea. Am văzut deja că au trăit foarte puțin; în plus, morțile lor au fost violente. Spre deosebire de viitorul relativ liniștit

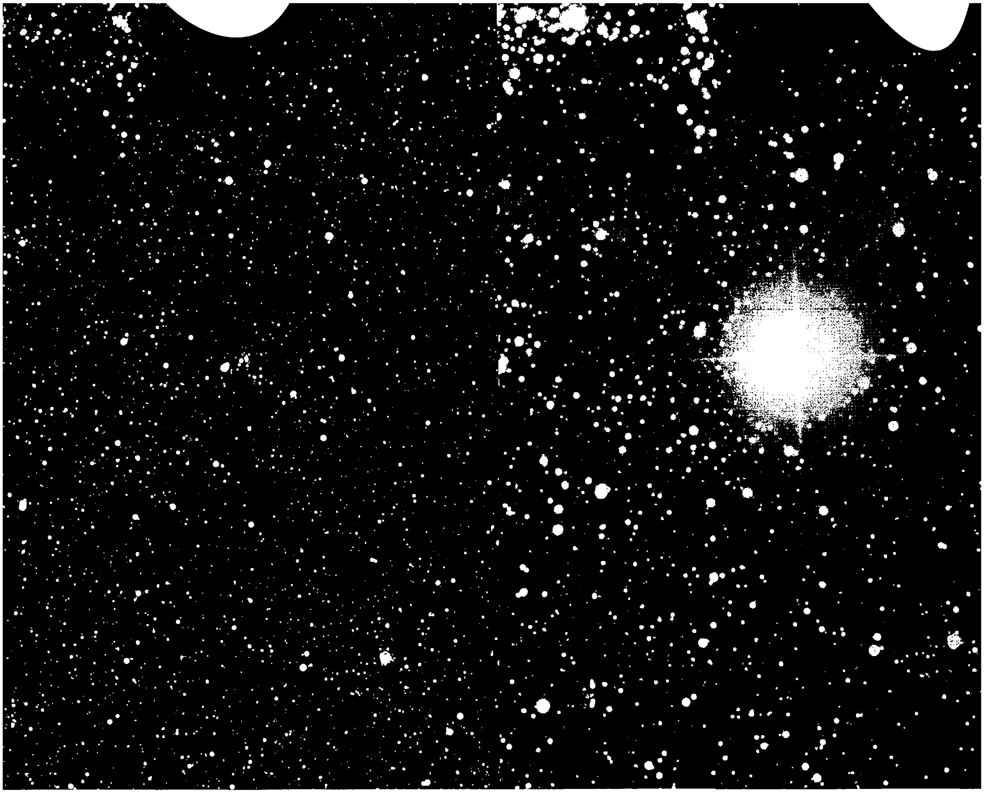


◀ **Inele de supernovă**

Astronomii așteaptă încă prima supernovă observabilă în galaxia noastră de la inventarea telescopului. Supernova 1987a – o supernovă în Marele Nor al lui Magellan din apropierea Pământului – a fost aproape la fel de spectaculoasă. După șapte ani, telescopul spațial Hubble a surprins trei inele extraordinare în jurul locului exploziei.

rezervat Soarelui nostru, o astfel de stea foarte masivă poate fi menită să sufere o explozie distrugătoare.

Straturile externe ale unei stele sunt susținute de energia produsă de reacțiile nucleare din centrul ei. Când combustibilul necesar pentru acest proces este epuizat, aceste straturi externe se prăbușesc, sporind presiunea și temperatura din centrul stelei. Aceste schimbări permit nucleilor de heliu, rezultați în urma seriei de reacții precedente, să se ciocnească și să reacționeze între ei, formând elemente mai grele. Între timp, hidrogenul din jurul nucleului stelei va continua să ardă; drept urmare, steaua capătă o structură asemănătoare unei cepe cu multe straturi, pe măsură ce sunt produse elemente tot mai grele în centrul ei. În cele din urmă, este produs fierul și ciclul se oprește. Nucleii de fier sunt cei mai stabili, așa că atunci când se ciocnesc nu se produce, ci se pierde energie. Când centrul unei stele mari se transformă într-unul de fier, nimic nu poate împiedica straturile externe să se prăbușească spre interior. Se formează repede un centru dens și o undă de șoc străbate steaua, propulsând restul materiei în exterior, într-o mare explozie de căldură și lumină – pe care o vedem ca o supernovă. Exploziile supernovelor sunt foarte violente. Mai violente sunt hipernovele, create cam în același fel, dar care marchează colapsul unor stele gigantice. Totuși, nu am fost încă martori la cea mai mare explozie dintre toate: fenomenul cel mai devastator cunoscut sub numele de explozie de raze gamma.



▲ **Supernova 1987a**

În stânga vedem supernova așa cum era înainte de explozie – survenită la 23 februarie 1987 –, iar în dreapta o vedem asa cum arăta după zece zile de la explozie. O singură supernovă poate străluci mai puternic decât o întreagă galaxie.

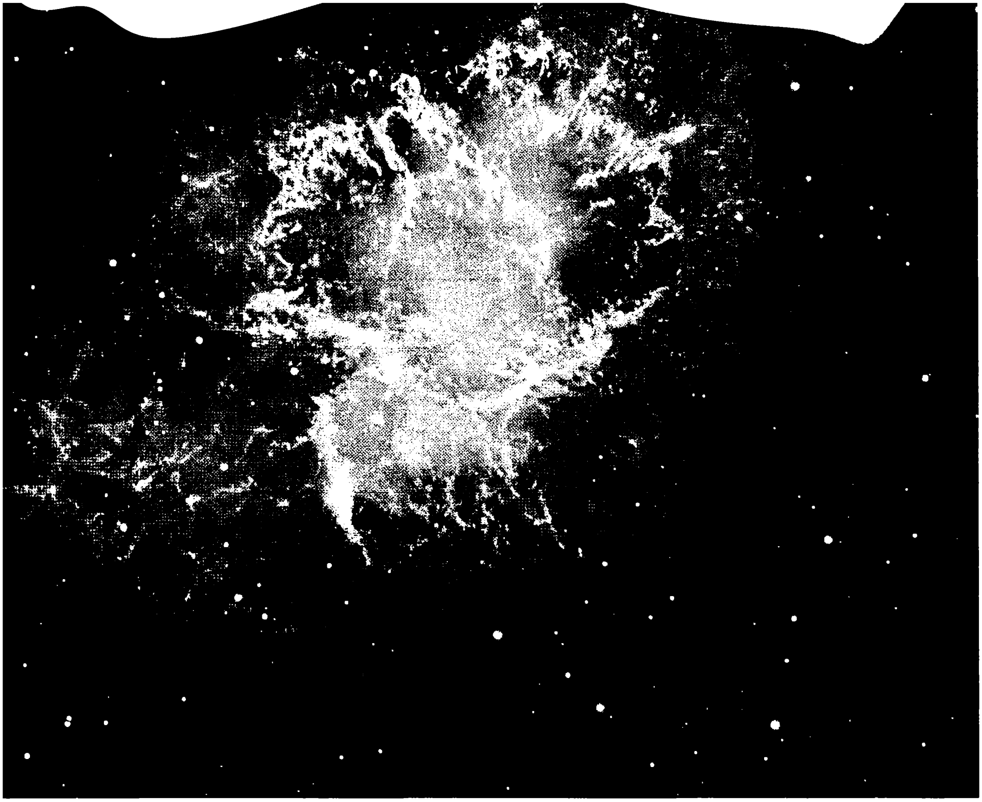
Explozii de raze gamma

Razele gamma sunt forma de radiație electromagnetică având cea mai mare energie și lungimi de undă foarte mici – mai mici chiar decât ale razelor X, de sub 0,01 nanometri (un nanometru este egal cu 10^{-9} m, adică un metru împărțit la un miliard). Deși fondul de raze gamma este mai mult sau mai puțin uniform si constant pretutindeni pe cer, există câteva surse distincte. Aceste explozii spontane de raze gamma, care durează cel mult câteva minute, sunt extrem de puternice si pot fi observate dincolo de Universul vizibil. Explozia inițială este urmată de o emisie luminiscentă *(afterglow)* în alte zone ale spectrului, iar identificarea acestui „pistol fumegând" a fost elementul esențial care le-a permis astronomilor să determine distanța la care au avut loc cele mai recente explozii; în prezent, știm că exploziile

Povestea razelor gamma

Când Războiul Rece era în toi, au fost lansați sateliți militari pentru a detecta explozii spontane de raze gamma, unul dintre indiciile care arată că se efectuează teste nucleare. Sateliții americani lansați în acest scop au detectat într-adevăr niste explozii, dar acestea nu erau deloc ceea ce se crezuse. Exploziile durau maximum câteva minute, uneori chiar mai puțin de câteva secunde.

Tot ceea ce s-a putut afla despre ele a fost că păreau să fie distribuite uniform pe cer si nu aveau



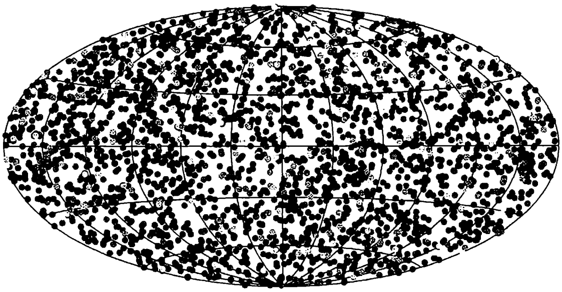
de raze gamma sunt foarte departe. Puterea emisă într-o explozie este inimaginabilă – în întreaga sa viață, Soarele nu va emite atâta energie cât o singură explozie în câteva minute.

Deși explozii diferite pot avea cauze diferite, se pare că multe explozii de raze gamma sunt produse de moartea unor stele extraordinar de masive. Amintiți-vă că odată ce o astfel de stea rămâne fără combustibil pentru reacțiile nucleare, radiația emisă de miezul ei se oprește și gravitatia câștigă în cele din urmă lupta. Straturile externe ale stelei cad cu viteză spre interior, iar regiunile centrale se prăbușesc complet și formează găuri negre. În același timp, straturile externe sunt aruncate înapoi în afară cu o viteză enormă. Energia este atât de mare încât nucleii atomici, formați în timpul vieții stelei, sunt descompuși, și pentru scurt timp

▲ Nebuloasa Crab (M1)

Aceasta este cunoscuta rămășiță a unei supernove care a explodat în anul 1054 d.Hr., observată de astronomii chinezi. În interiorul nebuloasei este ascunsă o stea cu neutroni care se rotește; aceasta este tot ce a mai rămas din nucleul stelei inițiale.

o anumită localizare geografică, fapt ce a condus din fericire la eliminarea ipotezei conform căreia ar fi fost provocate de un test nuclear. Timp de mulți ani, s-a dovedit imposibil de stabilit dacă aceste explozii erau slabe, deci aproape, sau foarte puternice și deci foarte departe. Se consideră în prezent că sursele acestor explozii se află la o distanță de aproximativ un miliard de ani-lumină de noi și că sunt niște explozii extrem de puternice – probabil cele mai puternice „banguri" după Big Bang.



▶ Explozii de raze gamma

O hartă completă a cerului arătând exploziile de raze gamma înregistrate într-un interval de nouă ani de Compton Gamma Ray Observatory (Observatorul Compton de Raze Gamma). Planul galaxiei noastre străbate centrul acestei reprezentări de la +180 la -180.

totul se transformă din nou în hidrogen. Cu toate acestea, energia emisă de această explozie masivă poate declanșa apoi alte reacții nucleare, făcând atomii de hidrogen să fuzioneze și să formeze elemente mai grele, inclusiv, fapt semnificativ, elemente mai grele decât fierul.

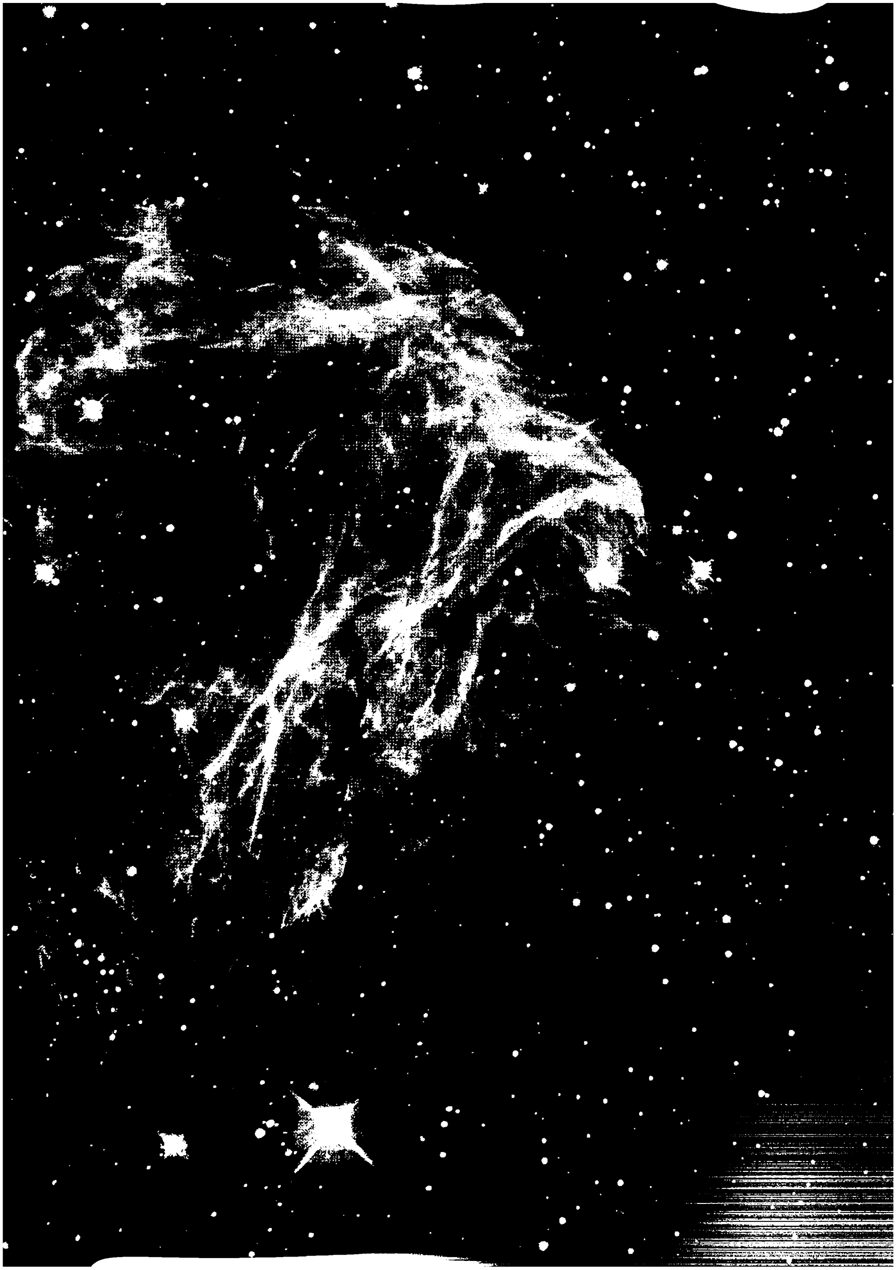
Când steaua respectivă are o dimensiune comparabilă cu a stelelor din prima generație, revărsarea de energie va fi suficient de mare pentru a declanșa o explozie de raze gamma. În Universul apropiat, unde cele mai mari stele sunt doar de 20–30 de ori mai mari decât Soarele, exploziile acestora par niște supernove relativ modeste. Totuși, lumina emisă de o singură supernovă strălucește mai puternic decât galaxia în care se află, așa că hipernovele ar trebui să fie vizibile dincolo de Universul observabil.

În urma acestei explozii violente, o undă de șoc s-a propagat cu o viteză apropiată de cea a luminii. Un proces similar poate fi observat în imaginile unei supernove din apropiere surprinse de telescopul spațial Hubble. Pe lângă încălzirea gazului înconjurător, unda de șoc care s-a propagat în urma morții unei stele din prima generație a făcut ca norii de gaz înconjurători să se prăbușească la rândul lor, ceea ce a dus la formarea următoarei generații de stele. Pe măsură ce se formau, noile stele acumulau elemente produse în prima generație de stele, care nu existaseră în perioada inițială. Acești atomi, în special cei de carbon și cei de oxigen, împrăștiau eficient energie din norul ce se prăbușea, permițându-i să se răcească și să se fragmenteze, ceea ce a dus la formarea de aglomerări mai mici și, în cele din urmă, de stele mai mici. Prin urmare, aceste stele din a doua generație semănau foarte mult cu cele pe care le vedem astăzi. Cele mai mici dintre ele (care au și cea mai mare durată de viață) poate că mai strălucesc și acum și poate că le-am observat deja în galaxia noastră.

Masa exactă a acestor stele le-a pecetluit soarta. De exemplu, stele cu o masă mai mare de 300 de mase solare s-ar prăbuși direct formând găuri negre masive, fără a propulsa materie în afară și fără a propaga unde de șoc. O stea cu masa de aproximativ 160 de mase solare produce o supernovă instabilă datorită perechilor de electroni și pozitroni. Aceste explozii produc foarte mulți pozitroni, antiparticulele electronilor. Când o particulă și o antiparticulă se întâlnesc, se anulează reciproc, producând energie, iar în aceste supernove energia produsă este suficient de mare pentru a împiedica prăbușirea nucleului stelei. Nu se formează o gaură neagră sau o stea cu neutroni, toată materia fiind aruncată în exterior și devenind disponibilă pentru a forma a doua generație de stele. Credem că în Univers s-au format foarte multe stele de dimensiunea aceasta în perioada de început, iar mecanismul descris este tocmai ce trebuia.

▶▶ Un rest de supernovă

În această fotografie a rămășițelor supernovei LMC N 49 transmisă de telescopul Hubble se pot vedea straturi de fragmente ce par subțiri ca mătasea; aceste rămășițe vor fi reutilizate până la urmă pentru a forma noi stele.



▶ Rămășița supernovei lui Kepler
În această imagine combinată, obținută prin observații la lumina vizibilă, cu raze X și cu infraroșii, putem vedea cum arată astăzi supernova lui Kepler, care a explodat în galaxia noastră în urmă cu peste 400 de ani. Printre caracteristicile observate se numără un înveliș format din resturile stelei care a explodat, care se mișcă rapid și este înconjurat de o undă de șoc ce duce cu ea gaz și praf cosmic

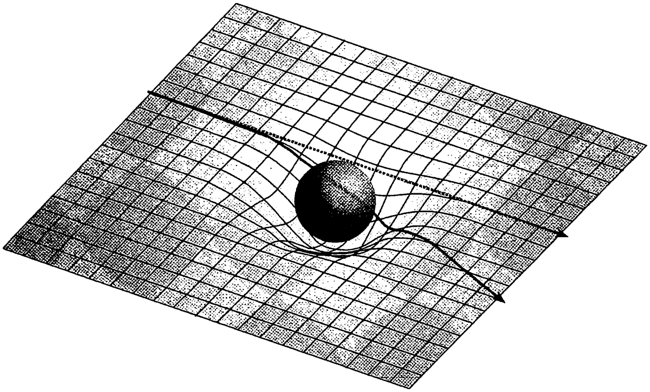
Relativitatea – un ghid pentru observatori

Fizica găurilor negre este scrisă firește în limbajul teoriei generale a relativității și merită să vă faceți timp pentru a învăța acest limbaj. După Einstein, dacă doi observatori diferiți, fiecare cu cadrul lui distinct de referință, accelerează (sau își reduc viteza) unul față de celălalt, scara timpului lor nu va fi aceeași. Cu alte cuvinte, dacă eu pot observa că trec zece secunde, tu, mărind viteza cu care te îndepărtezi de mine, poți observa că trec doar șase.

Suntem tentați în primul rând să întrebăm cine are dreptate și apoi să căutăm vreo șmecherie ce ar fi putut da ceasurile peste cap. Relativitatea ne spune însă categoric că amândoi observatorii au dreptate și că nu e nici o șmecherie: pentru observatori diferiți timpul chiar trece cu viteză diferită. Se păstrează câteva reguli de bun-simț; de exemplu, doi observatori vor fi întotdeauna de acord asupra ordinii evenimentelor. Așadar, cu toate că unul poate să creadă că A a avut loc cu un minut înaintea lui B, iar celălalt că A și B au fost simultane, este imposibil ca vreun observator să vadă că B a avut loc înaintea lui A. Prin urmare, cauza și efectul se păstrează, însă multe alte idei de bun-simț care par să fie o a doua natură pentru noi trebuie abandonate.

De ce aceste paradoxuri aparente nu fac parte din experiența noastră cotidiană? La urma urmei, nu vedem niciodată ceasurile mergând cu viteze diferite. Explicația este că, din fericire, nu trăim în apropierea unei găuri negre. Fără accelerări extreme, viteze enorme apropiate de cea a luminii sau concentrații de masă foarte mari, efectele sunt atât de mici încât legile mișcării formulate de Newton funcționează încă foarte bine. Einstein nu a dovedit că Newton a greșit, ci a dezvoltat ideile lui pentru a fi corecte în aceste cazuri extreme.

Am vorbit destul despre efectul unei găuri negre asupra trecerii timpului; relativitatea ne spune însă și cum afectează masa imensă a acesteia spațiul din jurul ei. Unul dintre motivele



◀ **Cum ne imaginăm spaţio-timpul**
Un corp ceresc masiv deformează spaţiul şi timpul. O rază de lumină este curbată, deci ceea ce vedem pare să vină de altundeva decât de unde a izvorât de fapt. Linia punctată arată traiectoria pe care ar urma-o lumina dacă ar trece nestingherită. Întâlnind în calea ei un corp masiv, lumina urmează traiectoria indicată de linia roşie continuă.

pentru care relativitatea este greu de înţeles este că matematica ei are patru dimensiuni – cele trei cunoscute, plus una a timpului. Spaţiul şi timpul nu mai există independent – Minkowski, autorul unei mari părţi a structurii matematice a relativităţii, a mers până acolo încât a scris că „spaţiul independent şi timpul independent au devenit nişte simple umbre, un fel de amestec între ele două existând de sine stătător".

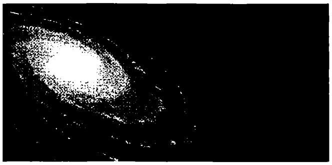
Vă puteţi imagina o sferă cvadridimensională? Nici noi, dar ne putem face o idee despre proprietăţile ei luând în considerare doar două dimensiuni, imaginându-ne spaţio-timpul ca un cearşaf neted ţinut întins de cele patru colţuri. Acum puneţi o minge de tenis sau o altă greutate în mijlocul lui şi cearşaful se va deforma, întocmai precum, conform teoriei relativităţii, corpurile cereşti de mari dimensiuni deformează spaţiul şi timpul. Traiectoria unei raze de lumină ar fi strâmbată şi curbată în acest spaţio-timp deformat. În jurul unei găuri negre masive, acest efect poate fi suficient de puternic pentru a permite unui observator aflat într-o poziţie adecvată să vadă simultan faţa şi spatele discului înconjurător.

Găurile de vierme (tunelele spaţio-temporale) – realitate sau ficţiune?

Nu putem decât să facem supoziţii în legătură cu condiţiile din interiorul unei găuri negre. Oare steaua ghinionistă se sfărâmă complet? Unii au avansat ideea că găurile negre deformează spaţiul şi timpul într-o măsură atât de mare încât ar putea forma porţi între diferite locaţii şi timpuri în Univers, sau chiar între universuri diferite. Acest concept, cunoscut sub numele de gaură de vierme, aparţine în prezent literaturii ştiinţifico-fantastice, unde reprezintă un procedeu util în construcţia intrigii, permiţând personajelor să depăşească constrângerile fizicii moderne. Totuşi, trebuie să spunem că aceste idei fac parte şi din cercetarea academică serioasă a acestor neobişnuite corpuri cereşti.

Situaţia actuală poate fi probabil rezumată cel mai bine spunând că nimic din vreo teorie verificată nu exclude existenţa găurilor de vierme, însă nici nu există dovezi clare în favoarea lor. În orice caz, se pare că în interiorul unei găuri negre toate regulile obişnuite ale ştiinţei sunt spulberate, împreună cu orice şansă de a aplica ceea ce considerăm a fi intuiţia noastră bazată pe bun-simţ.

CAPITOLUL 3 Universul în evoluție



▲ **Calea Lactee**

În această viziune a unui artist asupra galaxiei noastre, Calea Lactee, brațele albastre în spirală, pline de stele nou formate sau în formare, se întind spre exterior din protuberanța galbenă care înconjoară nucleul. Observații recente sugerează că în centrul acestei protuberanțe se află un fel de bară, însă din cauză că sistemul nostru solar este situat pe unul dintre brațele spirale, este greu să fim siguri.

▶▶ **Galaxii fără limite**

Acest detaliu din Câmpul ultraprofund Hubble arată numai o mică parte a câmpului. Imaginea completă, acoperind ea însăși numai un grad pătrat de cer, conține peste 10 000 de galaxii.

▶ **Quasarul 3C175**

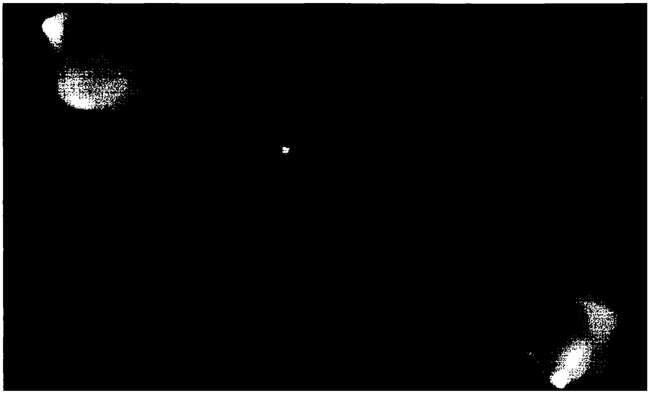
Termenul *quasar* (abreviere de la *quasi-stellar object)* a fost inventat pentru a descrie un grup de surse de radiație descoperite în anii 1960, care seamănă cu niște puncte si au o energie surprinzător de mare. În prezent, un astfel de obiect cosmic este mai corect identificat ca un exemplu de nucleu galactic extrem de activ, despre care se știe că este alimentat de o gaură neagră masivă. Chiar și centrul galaxiei noastre, Calea Lactee, este activ într-o anumită măsură, dar quasarii au o energie de milioane de ori mai mare și sunt observați doar la o distanță foarte mare, în trecutul îndepărtat al Universului. În această imagine obținută cu un radiotelescop se vede un quasar (punctul din centru) care emite fascicule de particule (unul singur se vede clar), care ajung la o distanță de peste un milion de ani-lumină de centru. Când fasciculele de particule, călătorind cu o viteză apropiată de cea a luminii, ajung la gazul înconjurător, ele creează cele două fronturi de șoc de forma unor picături.

După două capitole, am ajuns la o etapă din istoria Universului nostru în care există obiecte cosmice distincte pe care chiar le putem vedea. Chiar înaintea apariției primelor stele, colapsul materiei începuse, ducând la formarea galaxiilor; în imaginile din câmpul profund, surprinse de telescopul spațial Hubble, se pot observa galaxii care au apărut după doar 700 de milioane de ani de la Big Bang. Acestea nu seamănă cu sistemele pe care le vedem împrejurul nostru; multe sunt mai mici și se poate observa o mare varietate de forme ciudate, minunate. Unele conțin găuri negre de mari dimensiuni – misterioșii quasari, care domină bolta cerească. Se știe acum că aceste adevărate centrale de energie sunt centrele unor galaxii foarte active care strălucesc de mii de ori mai puternic decât Calea Lactee. Toate au apărut într-o etapă destul de timpurie din istoria Universului și, pentru că sunt atât de luminoase, pot fi văzute de la distanțe foarte mari.

Găurile negre supermasive

În centrele galaxiilor, chiar de la început, au existat găuri negre gigantice cu mase de milioane de ori mai mari decât cea a Soarelui. Acestea ar putea fi cele care s-au format direct prin prăbușirea gazului sau ar putea fi rămășițele unor stele masive care au înglobat între timp o cantitate enormă de materie. Oricare ar fi cauza apariției lor, găurile cu dimensiuni atât de mari au o forță gravitațională imensă și pot atrage cantități enorme de materie.

Se pare că în primele etape ale formării galaxiilor existau cantități enorme de gaz și de praf cosmic, deoarece formarea stelelor era de-abia la început. Această materie alimenta găurile negre și se desfășura în spirală spre interior, formând un disc și emițând lumină canalizată în fascicule, astfel încât atunci când privim spre sursa acestor fascicule vedem quasarul ca pe un far ce strălucește foarte puternic. În această perioadă timpurie din evoluția Universului coliziunile între galaxiile în formare trebuie să fi fost frecvente; când două astfel de sisteme se contopesc, în gaura neagră (sau chiar în găurile negre) este atrasă mai multă materie și quasarul continuă să strălucească. De fapt, se poate ca toate galaxiile mari, inclusiv cea în care ne aflăm, să fi trecut printr-o fază de quasar în cursul evoluției lor, mai mulți quasari studiați recent părând a fi niște galaxii altminteri normale. În cele din urmă, rămânând fără combustibil, galaxiile s-au stabilizat.

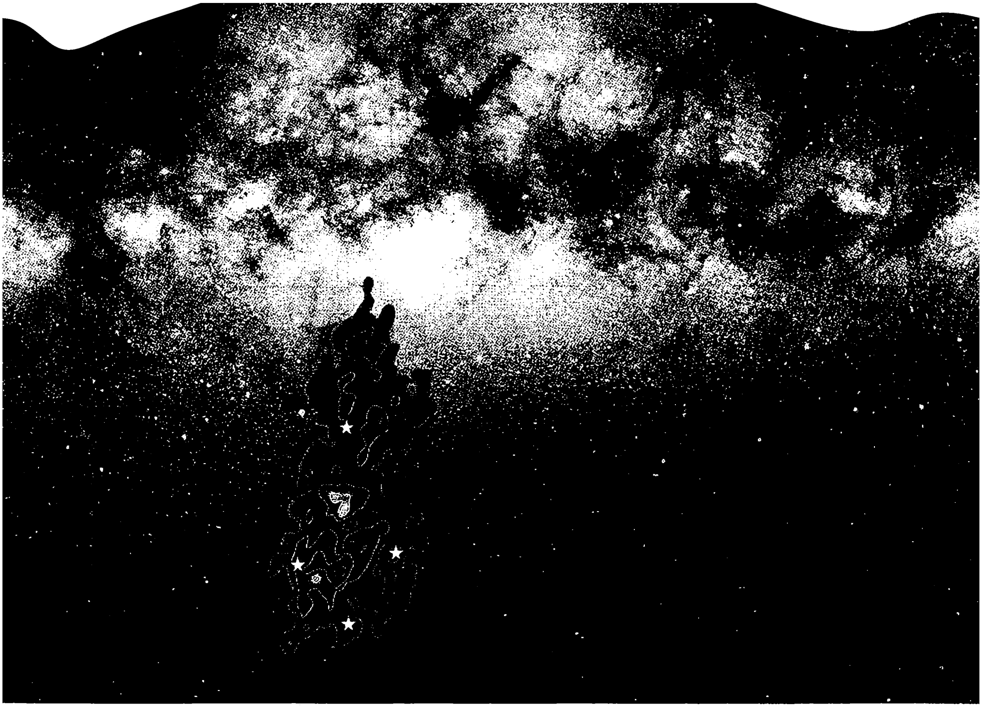


▲ Centaurus A

O galaxie eliptică aflată la o distantă de 10 milioane de ani-lumină de Pământ, văzută în lungimi de undă infraroșii. Emisiile radio puternice indică prezența unei găuri negre supermasive. Centaurus A a consumat o galaxie spirală, ceea ce a dus la forma de paralelogram. Gaura neagră poate să se hrănească încă cu resturile de la masa galactică

Putem întrezări această eră privind către galaxiile cele mai vechi detectate vreodată, care apar într-o imagine denumită Câmpul ultraprofund Hubble, obținută cu ajutorul telescopului spațial cu acelasi nume. Un milion de secunde (ceva mai mult de unsprezece zile), acest observator care se rotește în jurul Pământului a fost îndreptat către o zonă a cerului care mai înainte păruse complet lipsită de interes. Expunerea extrem de lungă a permis luminii provenind și de la obiectele cosmice cele mai puțin strălucitoare să atingă niveluri detectabile, astfel încât în imaginile surprinse de telescop, bucata pustie de cer s-a transformat în una plină de mii de galaxii. Fiecare pată din această imagine reprezintă nu o stea de fond, ci o galaxie de fond și, deși câteva sunt relativ aproape și par perfect normale, majoritatea sunt mult mai mici, mai estompate și mai ciudate. Chiar privind cu ochiul liber această imagine putem trage niște concluzii inițiale; de exemplu, galaxiile care par roșii sunt cele mai îndepărtate, datorită deplasării lor foarte mari spre rosu. Așadar, putem începe să punem obiectele detectate într-o ordine aproximativă a evoluției lor.

Privind galaxiile cele mai vechi și încercând să le analizăm astfel, ne putem da seama cum s-au format galaxiile pe care le vedem azi. Nu mai credem că fiecare galaxie s-a format izolat; dacă ar fi fost așa, Câmpul ultraprofund Hubble ar fi arătat un număr mai mic de galaxii „normale", mai mari. Noua teorie, sugerată inițial de simulări, este că în perioada timpurie colapsul gravitațional a dus la formarea unor structuri de mici dimensiuni, care au fuzionat printr-o serie de coliziuni producând sisteme mai mari. Această teorie este întărită de detectarea unui număr enorm de galaxii mici în zonele cele mai îndepărtate ale Universului observabil, galaxii care asigură combustibilul necesar pentru acest proces. Este posibil ca acest



proces să continue și acum; recent s-a constatat că galaxia noastră este „canibală", deoarece astronomii au observat că a rupt și înghițit mai multe galaxii pitice.

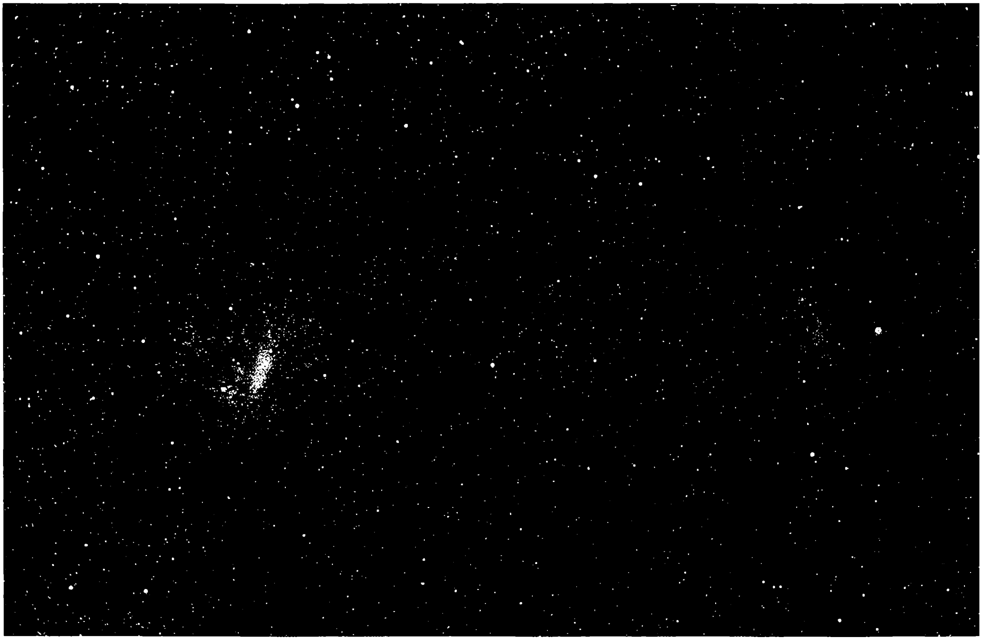
Sistemele mai mici se învârt în jurul galaxiei mai mari, însă sunt absorbite treptat de aceasta. Până la urmă, orbitele lor sunt deformate în asemenea măsură încât ele trec în mod regulat prin discul galaxiei mai mari și la fiecare trecere sistemul mai mare absoarbe o cantitate din gazul și praful lor. După mai multe astfel de întâlniri, galaxia mai mică își pierde complet identitatea și devine parte a sistemului mai mare – soartă pe care o vor avea însoțitorii cei mai vizibili ai Căii Lactee, Norul Mare și Norul Mic ai lui Magellan.

Galaxiile neobișnuit colorate din imaginea foarte frumoasă a Câmpului ultraprofund Hubble (vezi pag. 6–7) ne amintește spectaculos dovada principală în sprijinul premisei centrale a acestei lucrări – care afirmă că Universul se extinde. Diferitele culori ale nenumăratelor obiecte cosmice indică gradul lor diferit de deplasare spre roșu; cu cât mai roșu este un obiect, cu atât mai repede pare să se îndepărteze de noi. Lumina pe care o percepem le-a părăsit după numai 700 de milioane de ani de la Big Bang – doar 5% din vârsta Universului. Acest fapt a fost confirmat de analiza poziției liniilor spectrale în aceste galaxii, examinate în cadrul unor studii cu telescoape amplasate la sol.

În toată această perioadă, materia care se prăbușea sub efectul propriei gravitații forma încă structuri noi, așa cum se întâmplase în Era Întunecată (sau Crepusculară). Printre ele trebuie să fi fost germenul care avea să ducă la formarea Căii Lactee, o galaxie cu o dimensiune peste medie, dar nu foarte mare; conține 100 de miliarde de stele, mai puține decât vecina ei, galaxia spirală Andromeda. Nici grupul de galaxii local nu este unul excepțional de mare; alte

▲ Un însoțitor ascuns

În partea opusă față de Pământ a centrului Căii Lactee a fost descoperită o galaxie mică, denumită Galaxia Sferoidală Pitică Sagittarius (Săgetătorul). Odinioară aceasta a fost galaxia cea mai apropiată de a noastră, dar acum este sfâșiată de gravitația puternică a Căii Lactee, o galaxie mult mai mare. Privind printre stelele din Calea Lactee, s-a observat că unele dintre stelele din fundal nu se mișcau așa cum trebuia. Galaxia are aproximativ forma zonei roșii din imagine și se află la o distanță de doar 80000 de ani-lumină de Pământ. Ilustrația de mai sus arată o hartă cu curbe de nivel a intensităților undelor radio înregistrate pentru această galaxie, suprapusă peste o fotografie a regiunii la lumină vizibilă.



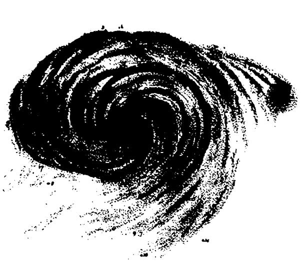
▲ **Norii lui Magellan**

Norul Mare și Norul Mic ai lui Magellan, vizibili numai din emisfera sudică, sunt galaxiile cele mai apropiate de Pământ, după Andromeda, și se află la 179 000, respectiv 210 000 de ani-lumină. Ei se rotesc în jurul centrului galactic și se pare că trec regulat prin discul Căii Lactee, pierzând de fiecare dată stele.

grupuri sunt mult mai populate. Roiul Virgo (Fecioara), ai cărui membri se află la o distanță medie de 60 de milioane de ani-lumină de Pământ, conține mult peste o mie de galaxii.

Galaxia noastră, Calea Lactee

Galaxiile tinere conțineau mari rezerve de gaz și praf cosmic care puteau fi transformate în stele. Au fost probabil dominate de lumina stelelor tinere, albastre și strălucitoare, și arătau cam ca galaxia în care ne aflăm – o galaxie spirală perfect normală. Merită să analizăm puțin mai amănunțit Calea Lactee înainte să cercetăm alte galaxii. Știm că are forma unei spirale

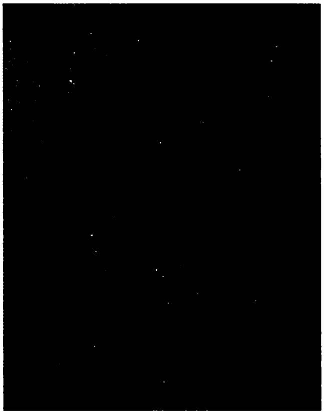


Descoperirea galaxiilor spirale

Una dintre cele mai importante descoperiri din istoria astronomiei a fost că obiectele cosmice cu aspect nebulos, numite odinioară „nebuloase spirale", sunt alte sisteme de stele aflate în afara galaxiei noastre și că se îndepărtează de noi în procesul de extindere generală a Universului care a început la debutul timpului și care continuă și în prezent. Cel care a descoperit că multe dintre galaxii au forma de spirală a fost un nobil irlandez, al treilea conte de Rosse. La Castelul Birr din comitatul Offaly el a construit un reflector cu o oglindă de metal de 183 cm – de departe cel mai mare construit până atunci – și l-a folosit pentru a cerceta obiectele nebulare; desenul său reprezentând Galaxia Vârtejul M51 (stânga) este surprinzător de exact, deși datează încă din 1845. Timp de mulți ani, reflectorul de 183 cm nu a fost folosit, însă acum funcționează din nou. Nimic asemănător nu se mai construise înainte și nici nu se va mai construi vreodată!

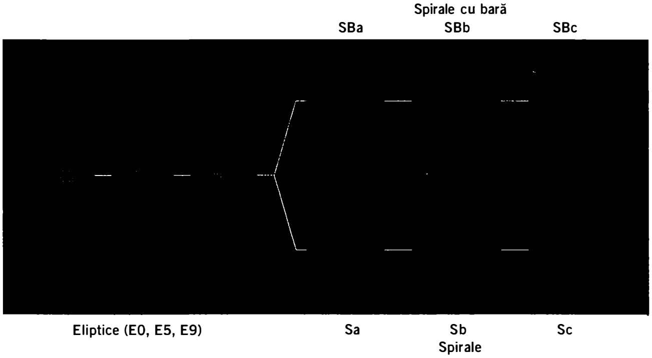
și centrul ei se află la o distanță de aproximativ 26 000 de ani-lumină de noi. Diametrul total al sistemului este de peste 100 000 de ani-lumină, iar forma lui a fost asemănată cu o lentilă dublu convexă (în termeni mai puțin științifici, arată ca două ouă prăjite lipite unul pe spatele altuia). Uitându-ne de-a lungul planului sistemului, observăm multe stele aproape aliniate, formând frumoasa fâșie de lumină ce traversează cerul nopții, cunoscută din timpuri imemoriale sub numele de Calea Lactee. Diametrul protuberanței centrale (al gălbenușului celor două ouă prăjite) este de aproximativ 20 000 de ani-lumină. În afara planului, departe de discul principal, sunt roiuri globulare condensate, precum și multe stele „rătăcitoare", care populează ceea ce se numește „haloul galactic".

Nu putem vedea ușor centrul galaxiei, pentru că există prea multă materie care ni-l ascunde vederii, însă pentru razele X și pentru undele radio nu este o piedică. Centrul se află în spatele norilor de stele din Sagittarius (Săgetătorul). Locația exactă este marcată de o sursă de unde radio intense denumită Sagittarius A. În zona centrală sunt nori de praf ca niște vârtejuri, precum și roiuri de stele foarte puternice, iar foarte aproape de adevăratul centru există o gaură neagră cu masa de aproximativ 2,6 milioane de ori mai mare decât a Soarelui. Dovada este furnizată de o stea cunoscută doar după numărul de înregistrare, S21, care are o masă de 15 ori mai mare decât a Soarelui. Studii îndelungate ale acestei stele arată că se mișcă în jurul unui corp central într-o perioadă de 15,2 ani. Când ajunge în poziția cea mai apropiată de corpul central, se află la doar 17 ore-lumină de acesta. Ocolește „orizontul de evenimente" al găurii negre, limita dincolo de care nu există întoarcere; viteza ei orbitală atinge 5 000 km/s.



▲ Centru galactic

O imagine cu unde radio a centrului galaxiei noastre din releveul 2MASS. Dat fiind că sistemul nostru solar se află aproape în planul principal al galaxiei, vedem partea cea mai densă a sistemului sub forma fâșiei bine cunoscute a Căii Lactee ce înconjoară cerul nopții (vezi pag. 10). Partea cea mai strălucitoare și mai groasă a Căii Lactee este centrul galactic, situat în constelația Sagittarius (Săgetătorul), care se vede cel mai bine din emisfera sudică.



▲ Clasificarea galaxiilor

Edwin Hubble a fost cel care a întocmit un sistem de clasificare a galaxiilor. Rezultatul este numit pe înțelesul tuturor diagrama Diapazon, din motive evidente (vezi mai sus). Unele galaxii sunt eliptice, altele sunt spirale, ca roțile de artificii, și chiar mai multe au o formă neregulată.

Galaxiile eliptice pot fi de mai multe feluri, de la E0 (virtual sferice) până la E9 (foarte aplatizate). Galaxiile spirale pot fi Sa (înfășurate strâns), Sb (mai largi) sau Sc (și mai largi). Axele centrale ale unor galaxii spirale prezintă un fel de bară de la capetele căreia se întind brațele spiralei (SBa, SBb sau SBc). Mulți cititori vor fi încântați să afle că în prezent se consideră că și Calea Lactee are o astfel de bară.

Se credea odată că Diapazonul reprezintă un fel de secvență sau schemă evolutivă, în care o galaxie eliptică se transformă într-una spirală sau viceversa. În prezent se știe însă că lucrurile nu sunt nici pe departe atât de simple.

▲ **Galaxia Sombrero (M104)**
Semănând cu celebra pălărie mexicană, galaxia se distinge prin benzile întunecate de praf care alcătuiesc structura sa în spirală. O vedem aproape din margine, cu numai șase grade la nord de planul ei ecuatorial.

▶▶ **În sensul acelor de ceasornic de sus în jos: Galaxia Vârtejul (M51)**
Acest obiect neobișnuit conține o galaxie spirală mare și una mai mică, barată si mai amorfă, care o însoțește. Brațele spirale perfecte ale galaxiei mai mari pot fi rezultatul atracției celei mai mici. Aceasta a fost prima dintre spiralele externe descompusă în stele individuale.

O galaxie eliptică gigantică (NGC 1316)
Se pot observa benzi de praf, iar unele dintre obiectele din apropiere asemănătoare unor stele sunt roiuri globulare – sisteme de stele având de la 10 000 la 1 milion de stele. Majoritatea stelelor din galaxiile eliptice sunt bătrâne – formate acum peste 2 miliarde de ani.

Galaxia Andromeda (M31)
Este galaxia mare cea mai apropiată și cel mai bine cunoscută după Calea Lactee. Galaxia strălucitoare care o însoțește mai jos este M32; poate fi observată ușor și cu un telescop mic.

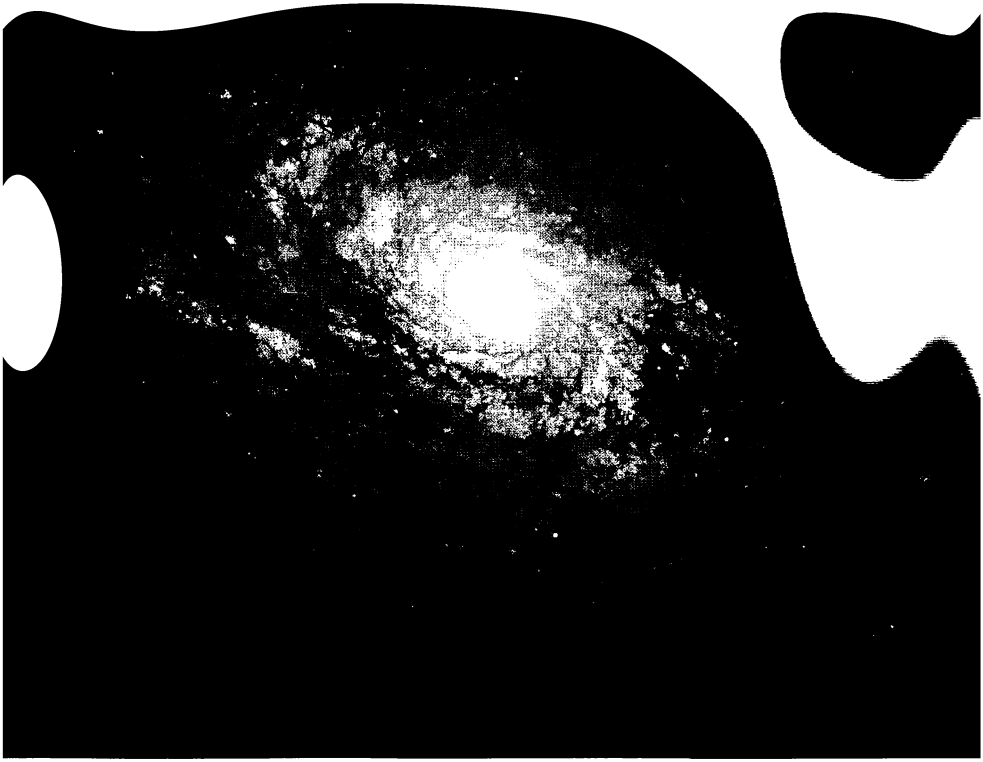
Felul în care se mișcă ne permite să calculăm masa corpului central – atât de mare și de aglomerată într-un volum atât de mic încât corpul respectiv nu poate fi decât o gaură neagră.

Galaxia noastră se rotește. Pentru a parcurge orbita complet, Soarele are nevoie de 225 de milioane de ani – perioadă numită adesea un an cosmic. În urmă cu un an cosmic, cele mai avansate forme de viață de pe Pământ erau amfibienii; nici măcar dinozaurii nu apăruseră. (Este interesant să facem supoziții în legătură cu felul în care va arăta lumea noastră peste un an cosmic!) Călătorim nu departe de planul principal al galaxiei și am părăsit recent unul dintre brațe, numit Orion, încât ne aflăm într-o zonă relativ „limpede".

Galaxii spirale

Multe galaxii sunt spirale și, cu o singură excepție care ne derutează, se învârtesc astfel încât brațele lor se desfășoară în sens invers mișcării de rotație. Se consideră că brațele spirale se datorează undelor de presiune care circulă în jurul sistemului. Acestea sunt zone unde densitatea materiei interstelare este mai mare decât media, ceea ce duce la formarea de stele. Stelele cele mai vizibile sunt foarte mari și trăiesc puțin, după standarde cosmologice, înainte să explodeze ca supernove, însă strălucirea lor face brațele spirale să domine galaxia; când unda de presiune trece mai departe, formarea intensă de stele încetează, și brațele spirale devin mai puțin evidente. În deplasarea ei, unda de presiune creează un alt braț spirală. Dacă acest scenariu este corect, peste câteva zeci de milioane de ani galaxia noastră va avea încă brațe spirale – dar vor fi alcătuite din stele diferite.

Putem asemăna fizica formării brațelor spirale ale galaxiilor cu blocajele rutiere. Toate mașinile merg cam cu aceeași viteză, dar, dacă drumul este aglomerat, o mașină care circulă cu o viteză puțin mai mică poate provoca un ambuteiaj. La fel face gazul sau praful care se învârtește în jurul centrului unei galaxii pe măsură ce acesta se acumulează în brațele spirale. Mașinile stau în ambuteiaj un timp, trec pe lângă el și merg mai departe, dar blocajul persistă datorită altor mașini care vin din spate.

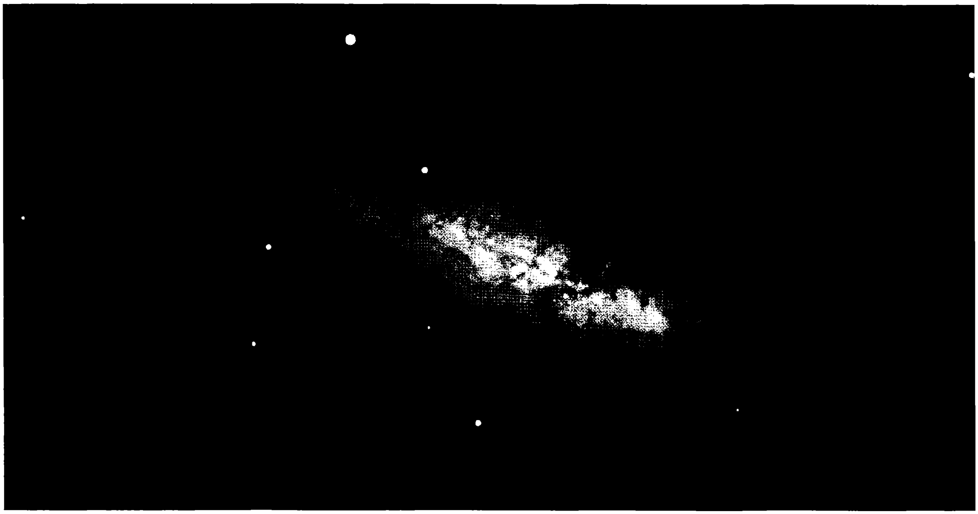


▲ **O galaxie spirală (NGC 4414)**
Această frumoasă imagine detaliată a fost compusă din treisprezece expuneri diferite realizate cu telescopul spațial Hubble. Zona centrală este populată de stele mai bătrâne, galbene și roșii, în timp ce brațele periferice sunt mai albastre. Formarea de stele tinere albastre în aceste structuri de brațe spirale este provocată de o undă de presiune care se propagă în jurul discului.

Am putut măsura rotația multor galaxii spirale – în principal prin efectul Doppler. Dacă o galaxie spirală se rotește, atunci toată materia de pe o parte se apropie de noi și toată materia de pe cealaltă parte se îndepărtează (dacă ținem cont cum se cuvine de mișcarea generală a galaxiei). Această mișcare este dezvăluită de poziția liniilor spectrale și astfel se poate afla viteza de rotație. Însă există o particularitate cu o semnificație profundă.

Misterioasa materie neagră

În sistemul solar, viteza orbitală a unei planete descrește pe măsură ce se îndepărtează de Soare, pentru că gravitația slăbește. În mod logic, aceleași legi ar trebui să se aplice și galaxiilor ce se rotesc. Stelele aflate aproape de centru ar trebui să se miște mult mai repede decât cele aflate la o distanță mai mare. Și totuși, astronomii au descoperit cu consternare că nu se întâmplă așa; stelele au un an cosmic mai scurt decât se așteptau și, ca atare, brațele spirale nu se încolăcesc. Galaxia pare să fie ca un ax între sistemul solar și un corp solid, comportându-se precum o roată de bicicletă care se învârtește. O urmă de noroi aproape de axul roții se mișcă mai încet decât una de pe margine, dar amândouă efectuează o rotație în același timp. Dacă stelele dintr-o galaxie s-ar învârti pur și simplu în jurul unei mase centrale așa cum se învârt planetele în jurul Soarelui, acest comportament ciudat ar fi imposibil de explicat. Singurul răspuns posibil este că masa sistemului nu este concentrată în centru sau aproape de el, ci este



▲ **Galaxia Cigar (Trabuc) (M82)**

Ce aprinde galaxia neregulată supranumită Cigar (Trabuc)? Aceasta a fost perturbată de trecerea apropiatei galaxii M81 pe lângă ea; dovezi recente arată că este posibil ca gazul roșu care se întinde să fie împins în afară de vânturile de particule combinate ale mai multor stele, ce creează un fel de vânt galactic extrem de puternic. Materia purtată de acesta se mișcă cu viteze enorme.

◀ **Galaxia lenticulară barată NGC 2787**

NGC 2787 este un exemplu de galaxie lenticulară (de forma unei lentile). Acest tip de galaxii nu prea arată că ar avea brațe spirale. În această imagine, bara nu se distinge.

probabil distribuită în tot discul și în părțile periferice ale galaxiei. Explicația cea mai plauzibilă este că în întregul halou galactic este distribuită „materie neagră", complet invizibilă, dar care își trădează prezența prin forța ei gravitațională.

Poate fi materia neagră ceva obișnuit, ca de exemplu un număr mare de stele cu masă redusă, care strălucesc atât de slab încât nu pot fi văzute decât atunci când sunt foarte aproape, cel puțin calculând după standardele cosmice? Desigur, există foarte multe stele (după o estimare foarte recentă, numărul total al stelelor din universul observabil este de 7×10^{22}), dar cantitatea de materie neagră pare să fie mult mai mare decât masa lor combinată.

Este oare posibil ca materia să fie blocată în interiorul unor găuri negre? Putem calcula masa găurilor negre cunoscute, însă totalul pare să fie iarăși complet insuficient. (Stephen Hawkins a prezis existența unor găuri negre cu masa individuală cât a Pământului, dar acestea nu au fost niciodată descoperite.) O soluție care inițial părea mult mai promițătoare avea legătură cu neutrinii, particule rapide fără sarcină electrică; acestea nu sunt ușor de detectat, însă există din abundență, fiind produse în cantități enorme prin reacțiile care fac stelele să strălucească. Mii de neutrini trec prin corpul nostru în fiecare secundă. Dacă neutrinii ar avea chiar și cea mai mică masă, ei ar putea furniza o explicație pentru existența materiei negre. Știm mult mai multe despre neutrini decât în urmă cu câțiva ani și, deși aceștia nu sunt complet lipsiți de masă, pare cert că masa lor totală este insuficientă pentru a rezolva problema. Ne rămân două soluții. Prima este că materia neagră poate fi compusă din particule fundamentale încă necunoscute cu masă individuală mică, dar existând în număr suficient de mare pentru a putea explica diferențele. Aceste particule ipotetice sunt numite WIMP (Weakly Interactive Massive Particles – particule masive ce interacționează slab cu materia), iar specialiștii în fizica particulelor au formulat predicții explicite în legătură cu ce ar putea fi exact aceste particule. A doua soluție este că materia neagră ar fi compusă din materie obișnuită, organizată în obiecte mari, dar nu foarte luminoase – cum ar fi în planete sau în stele mici numite pitice maro. Cercetările întreprinse până acum pentru a găsi aceste obiecte – denumite MACHO (Massive Compact Halo Objects – obiecte masive și compacte localizate în haloul galactic) pentru că se crede că se ascund în halourile galaxiilor – au avut puține rezultate pozitive. În prezent așteptăm să fie descoperită o particulă WIMP în trecere. Urmează însă probleme și mai complicate.

▲ Materie neagră

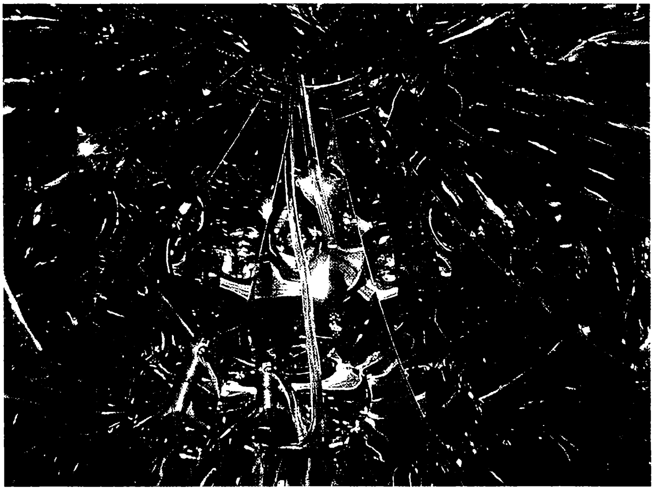
Dacă materia pe care o vedem este tot ceea ce există, conform legilor gravitației brațele periferice ale unei galaxii ar trebui să se învârtă mai încet decât cele aflate aproape de centru (vezi imaginea de sus). În realitate, observațiile arată că toate brațele se rotesc cu aceeași viteză (vezi imaginea de jos). O explicație o constituie prezența unui halou de materie neagră invizibilă.

De ce există energie neagră?

Conform celei mai recente estimări, Universul vizibil – adică tot ceea ce putem vedea: galaxii, stele, planete – emite doar 4% din energia existentă în Univers. 23% există sub formă de „materie neagră", iar restul de 73% este explicat prin ceea ce se numește „energie neagră".

Până în acest moment din istoria Universului, la aproximativ 7 miliarde de ani după Big Bang, viteza de extindere a acestuia scăzuse sub influența gravitației, singura forță capabilă să producă efecte semnificative la distanțe astronomice. Gravitația este o forță de atracție care încearcă să țină materia laolaltă. Ne putem aștepta ca forța gravitațională să determine soarta finală a Universului.

Universul se mărea în epoca despre care vorbim și continuă să se mărească. Dar va continua oare să se mărească la infinit sau galaxiile se vor întoarce și se vor apropia cu viteză una de alta până când vor fuziona, într-un „Big Crunch" (Mare Colaps), după cel puțin 80 de miliarde de ani? Totul depinde de densitatea medie a materiei din Univers, notată cu litera greacă Ω (omega). Dacă Ω este mai mare decât 1, gravitația rămâne dominantă și, când se va împlini timpul, va exista un Big Crunch. Dacă Ω ar fi exact 1, extinderea Universului ar continua să încetinească, dar nu s-ar opri; acest Univers este numit „plat". Dacă Ω ar fi mai mic decât



◀ În căutarea particulelor WIMP

Un detector de particule WIMP instalat într-un laborator subteran aflat în Mina Boulby din Yorkshire, la aproximativ 1,5 km adâncime. Detectorul conține tuburi fotomultiplicatoare maro-aurii așezate într-un vas umplut cu xenon.

această valoare critică, extinderea ar încetini, dar ar continua la infinit. După cum am spus la inflație, dovezile pe care le avem par să sugereze că Universul nostru este plat, însă un anumit tip de supernove observate, tipul Ia, ne previne că lucrurile pot fi mai complicate.

Putem vedea până în această epocă critică din istoria Universului, aflată pe scala timpului aproximativ la jumătate între Big Bang și momentul prezent, căutând aceste supernove. De ce sunt aceste explozii atât de deosebite? Se pare că toate ating aceeași luminozitate maximă și pot fi folosite drept „lumânări" standard (obiecte de referință cu luminozitate standard), permițându-ne astfel să măsurăm distanțele. Comparăm luminozitatea pe care ar trebui să o aibă explozia cu luminozitatea acesteia pe cerul nopții, și diferența ne arată cât de departe este supernova. Supernovele care par mai strălucitoare sunt mai aproape.

Astronomia în spectrul invizibil

Se știe că lumina vizibilă reprezintă doar o mică parte a spectrului electromagnetic. Abia în epoca modernă am putut construi echipamente care ne-au permis să studiem ceea ce am putea numi „astronomia invizibilă": de la undele radio aflate la un capăt al spectrului la razele gamma aflate la celălalt capăt.

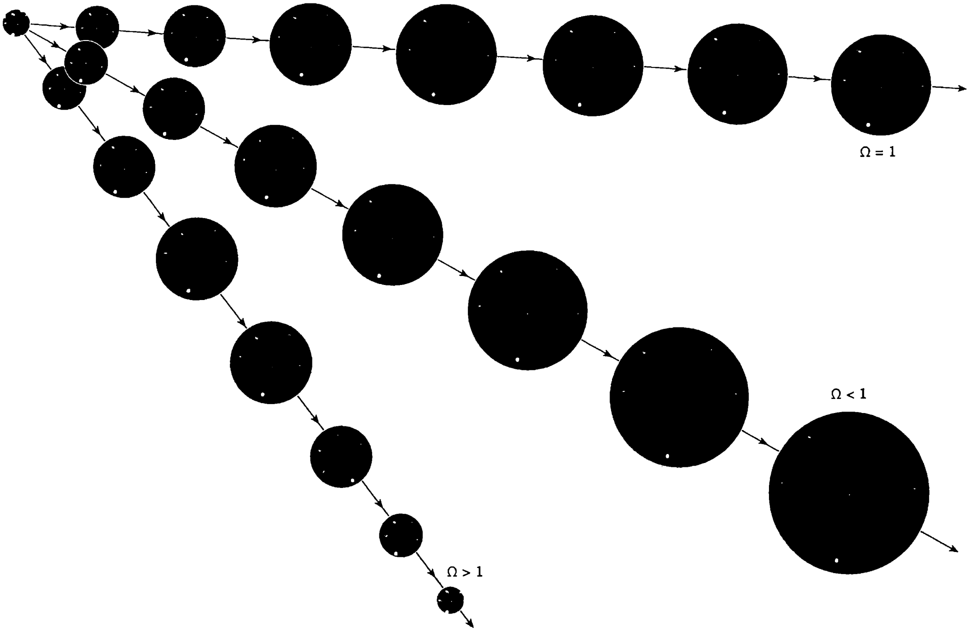
Unele cercetări pot fi realizate de pe suprafața terestră. Majoritatea oamenilor cunosc enormele radiotelescoape precum Jodrell Bank, care sunt de fapt un fel de antene mari. Este cert că nu putem privi printr-un radiotelescop!

Cercetările asupra radiațiilor infraroșii emise de obiectele cosmice se pot realiza de la suprafața Pământului. Pe de altă parte, straturile atmosferei terestre reprezintă un obstacol serios pentru studierea multora dintre celelalte regiuni ale spectrului electromagnetic, deci trebuie să folosim metode și echipamente de cercetare cu baza în spațiu, cum ar fi sondele și sateliții. Acest lucru este valabil pentru aproape toate cercetările privind razele X, de exemplu, și există un satelit important, Chandra X-Ray Observatory lansat în 1999, care a furnizat o cantitate enormă de informații în acest domeniu.

Dacă am depinde numai de lumina vizibilă, ne-am afla în situația unui pianist care încearcă să cânte o nocturnă la un pian căruia îi lipsește totul în afară de octava medie.

▼ Very Large Array

Este o rețea de 27 de radiotelescoape mobile, fiecare având un diametru de 25 m, instalate pe câmpiile din New Mexico. Cel mai puternic radiotelescop de pe Pământ, Very Large Array (Rețeaua Gigantică), a avut un rol principal în filmul *Contact*.



▲ **Soarta Universului**

În funcție de densitatea totală a materiei, Universul fie va înceta să se extindă la un moment dat și va începe să se contracte (Ω > 1), fie se va extinde la infinit (Ω < 1), fie se va apropia la infinit de o dimensiune finală, fără să o atingă vreodată (Ω = 1).

De ce ar avea toate supernovele de acest tip aceeași luminozitate intrinsecă? Se crede că o astfel de supernovă este provocată de distrugerea completă a stelei pitice albe care însoțește o stea obișnuită. Steaua pitică, mică și densă, atrage atât de multă materie din tovarășa ei mai mare încât devine instabilă și se produce o explozie termonucleară colosală în care pitica se face bucăți. Dat fiind că această explozie are loc întotdeauna când se adună aceeași masă critică, luminozitatea exploziei este aceeași în toate cazurile.

Există două moduri de a calcula distanțele la care se găsesc galaxiile în care s-au aflat supernovele, pornind de la deplasarea spre roșu a spectrului lor sau de la luminozitățile maxime ale supernovelor – dar ceva nu este în regulă. Se pare că supernovele strălucesc mai slab decât ar trebui, deci par să fie mai departe decât se credea.Acesta era ultimul lucru la care se așteptau astronomii. O singură explicație pare să fie posibilă: viteza de extindere a Universului trebuie să fie mai mare acum decât înainte – în loc să încetinească, procesul de extindere a Universului se accelerează. Energia acestei accelerări este numită energie neagră.

A cincea forță

Cum este posibil să existe așa ceva? În toată istoria fizicii, doar patru forțe au fost considerate necesare pentru a explica toate interacțiunile posibile ale materiei: forța electromagnetică (care răspunde de forța de atracție dintre două sarcini opuse), forța nucleară „puternică" (menține unitatea atomilor), forța nucleară „slabă" (care provoacă dezintegrarea radioactivă)

și gravitația, forța de atracție care acționează în întregul Univers. Gravitația este, de departe, cea mai slabă dintre toate patru forțele, dar din punctul de vedere al astronomilor este cea mai importantă, pentru că este singura care acționează la distanțe mari. (Forța electromagnetică este de asemenea capabilă să producă interacțiuni la distanță, dar, fiindcă materia este în medie neutră din punct de vedere electric, forțele se anulează.) Însă un univers în extindere accelerată presupunea existența unei a cincea forțe fundamentale care nu își manifestase efectele înainte.

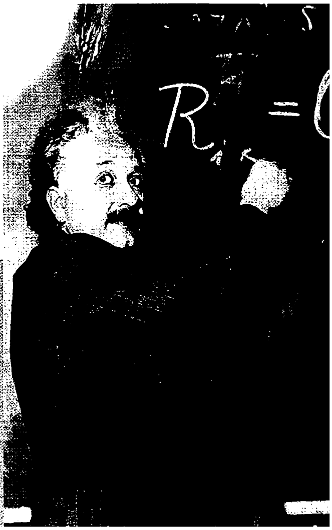
Există speculații teoretice în legătură cu o forță care ar putea să determine această accelerare, însă la majoritatea dintre aceste ipoteze s-a renunțat repede de când au fost propuse pentru prima oară. Cu aceste teorii pătrundem pe tărâmul ciudat al forțelor vidului și particulelor virtuale. În mod foarte firesc, credem că vidul este absența completă a materiei, însă, în imaginea despre lume pe care a creat-o fizica cuantică, această idee se dovedește a fi o simplificare excesivă. Orice vid este o masă plină de așa-numite particule „virtuale", care apar întotdeauna în perechi formate dintr-o particulă și o antiparticulă. Aceste particule virtuale, care transportă sarcini opuse, au aproape întotdeauna o durată de viață foarte scurtă, mai mică de 10–43 de secunde, după care trebuie să se ciocnească, anihilându-se reciproc. Acest proces poate fi descris astfel: vidul „împrumută" energia de care are nevoie pentru a crea particulele și apoi o restituie distrugându-le înainte ca restul Universului să observe. Totuși, în scurta lor existență, aceste particule pot avea un anumit efect asupra împrejurimilor – în laborator s-a constatat că exercită o forță de respingere, în anumite condiții. Aceasta ar putea fi exact ceea ce căutăm. Mai mult, cu cât volumul vidului respectiv este mai mare, cu atât mai mare este forța, astfel încât este de așteptat ca forța să devină mai puternică pe măsură ce Universul se extinde.

Forfecarea gravitațională

O dovadă suplimentară în favoarea existenței energiei negre a venit de unde savanții nu se așteptau. Analizând formele mai multor mii de galaxii, astronomiii pot măsura extinderea Universului de când a fost emisă lumina din fiecare galaxie. Metoda este cunoscută sub numele de „forfecare gravitațională" și se bazează pe faptul că lumina este curbată când trece pe lângă materie. Cel mai spectaculos exemplu care ilustrează acest proces sunt inelele Einstein, care se formează când lumina emisă de o galaxie îndepărtată este atât de deformată de trecerea pe lângă un sistem învecinat încât alcătuiește un inel în jurul acestuia. De asemenea, se observă adesea că galaxiile sunt deformate și întinse sub forma unor arce. Deși acestea sunt exemple spectaculoase, imaginea oricărei galaxii pe care o vedem este oarecum distorsionată, iar dimensiunea acestei deformări reflectă cantitatea de materie pe lângă care lumina a

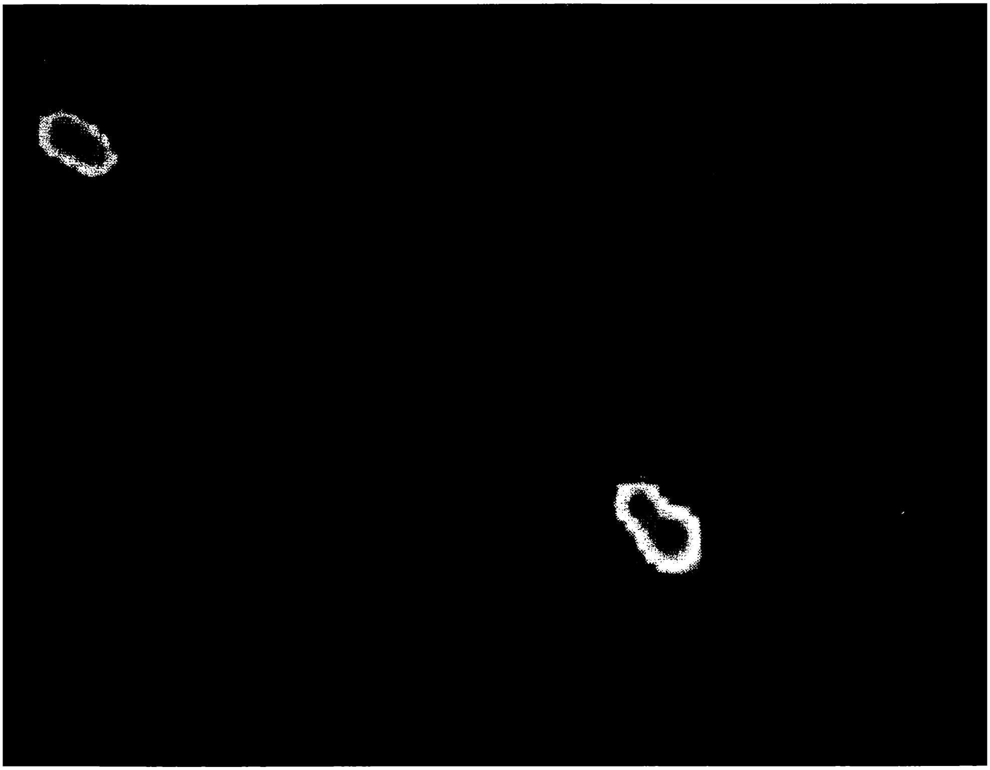
▼ Albert Einstein

Fotografia îl surprinde scriind la tablă în orașul Leiden, în Olanda, la 6 decembrie 1923.



Cea mai mare greșeală a lui Einstein?

Ca toți contemporanii săi, Albert Einstein credea că Universul este static, că nu se schimbă la scara cea mai mare. El și-a dat seama că, potrivit teoriei relativității pe care a formulat-o, un asemenea univers nu putea fi stabil – colapsul era inevitabil. De aceea a introdus așa-numita „constantă cosmologică" – un factor inventat care compensa gravitația în ecuații și permitea Universului să rămână static. Este poate surprinzător că Einstein, ale cărui descoperiri s-au bazat pe hotărârea lui de a și urma logica oriunde aceasta l-ar fi condus, nu a crezut ceea ce-i spuneau ecuațiile în acest caz. Dacă le-ar fi dat crezare, ar fi putut prezice extinderea Universului cu cinci ani înaintea lui Hubble. După ce Hubble a demonstrat că Universul nu este static, constanta cosmologică a fost practic uitată, rămânând în istoria științei doar ca „greșeala cea mai mare" a lui Einstein, după cum a numit-o chiar el.

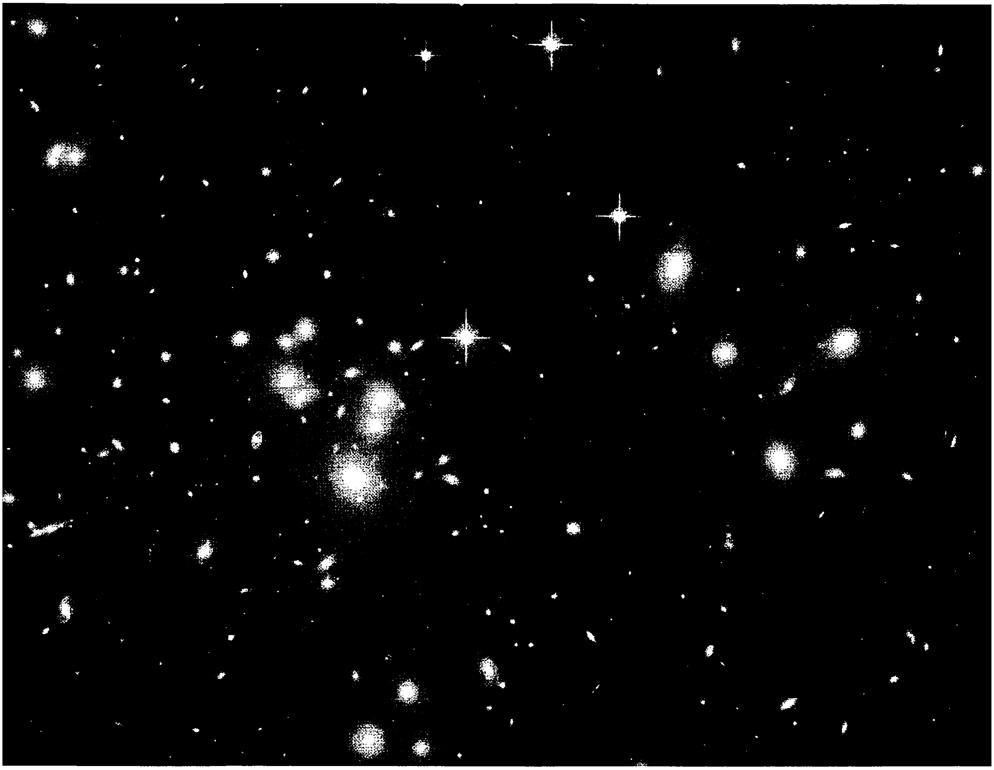


▲ **Un inel Einstein**

Emisiile sursei îndepărtate de unde radio 4C 05.51 sugerează că undele au fost curbate de un obiect cosmic de mari dimensiuni aflat în prim-plan, cum ar fi un quasar, formând o lentilă gravitațională simetrică. Propusă prima dată de Albert Einstein în 1936, această aliniere perfectă este extrem de rară, cunoscându-se doar câteva inele Einstein.

trebuit să treacă pentru a ajunge la observator. La majoritatea galaxiilor, efectul este mic și se manifestă doar printr-o ușoară înclinare a alinierii galaxiei pe cer. Totuși, există o problemă. Noi vedem galaxia numai după ce această înclinare a avut loc, dar pentru a măsura cantitatea de materie pe lângă care lumina a trecut și a determina, astfel, extinderea, trebuie să comparăm imaginea pe care o vedem cu imaginea așa cum era când galaxia a emis lumina, înainte de orice deformare. Acest lucru este imposibil în cazul oricărei galaxii individuale, însă dat fiind numărul enorm de galaxii puse la dispoziția astronomilor de releveele elaborate folosind instrumente moderne, aceștia pot lua o medie statistică a multor galaxii și pot obține informații în acest mod. Rezultatele par a fi fără echivoc – traiectoria pe care lumina emisă de galaxii o urmează pentru a ajunge la noi poate fi explicată doar printr-o accelerare a extinderii Universului.

Cu toate acestea, există o concluzie extrem de neplăcută. Înainte de descoperirea accelerației Universului, specialiștii în fizica particulelor au adus o sumedenie de motive pentru care acest efect – prevăzut de multe dintre teoriile lor – nu s-a manifestat în Universul nostru. În realitate, ne găsim într-o situație în care pare posibil să explicăm de ce nu există forță de respingere



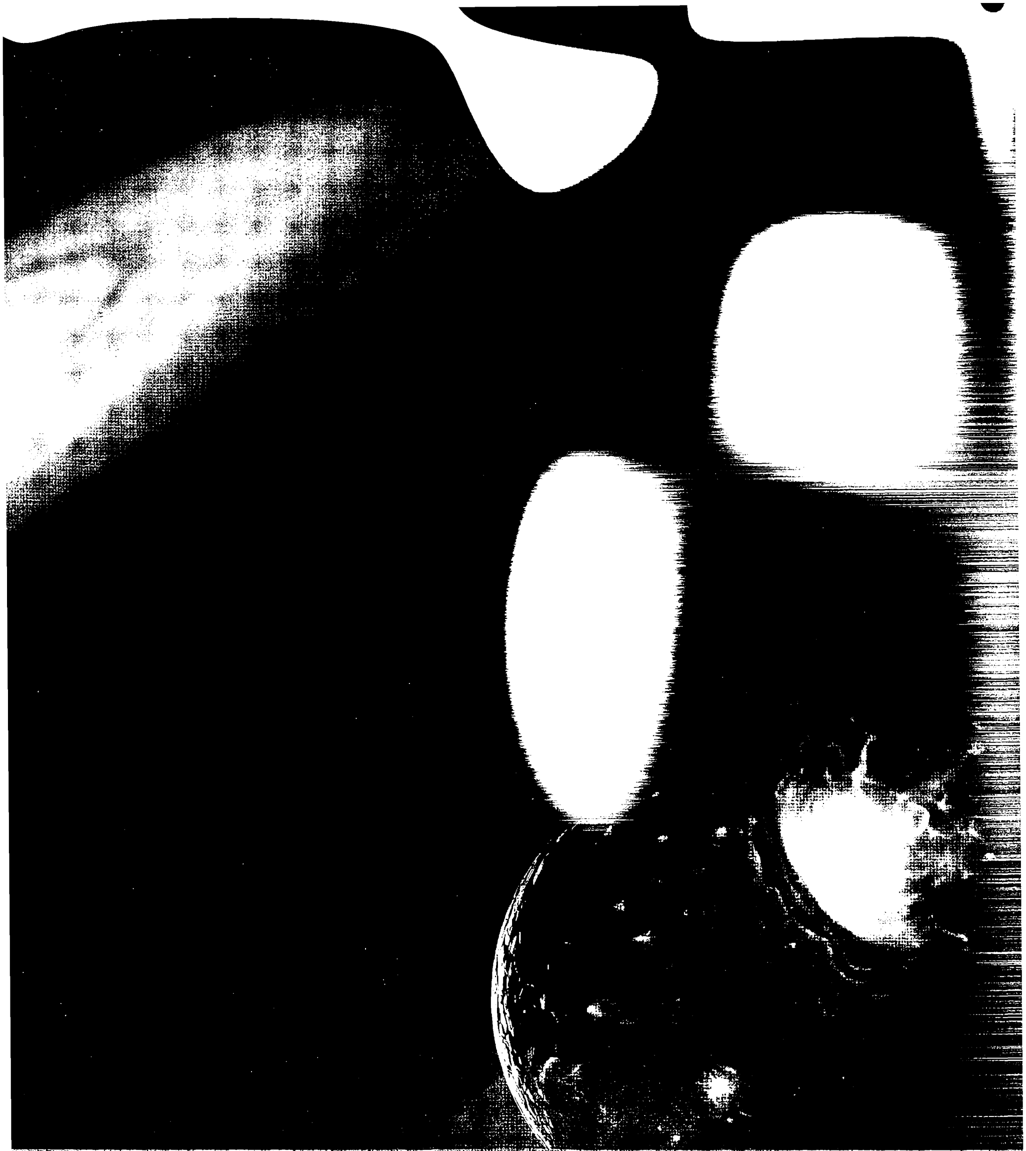
sau, altminteri, de ce poate exista un efect extrem de mare. Din păcate, s-a observat doar o forță foarte mică (deși la scara întregului Univers, efectele ei sunt foarte importante) și rămâne o diferență foarte mare. De fapt, diferența dintre observațiile astronomice și cel mai bun model teoretic este un factor de 10^{120}, cea mai mare diferență dintre teorie și experiment din istoria științei! Cu toate acestea, este cea mai bună explicație pe care o avem.

Situația poate fi și mai complicată. Am presupus că forța de respingere este constantă în timp, dar această ipoteză nu se bazează pe un motiv întemeiat, în afara dorinței cercetătorilor de a nu complica lucrurile. (Briciul lui Occam, un principiu citat adesea de oamenii de știință, afirmă că dintre mai multe explicații care concordă în aceeași măsură cu datele observate, cea mai simplă este cea corectă.) Unii cosmologi consideră că intensitatea forței răspunzătoare pentru accelerarea procesului de extindere ar varia în timp.

Aceste întrebări ar trebui să înceapă să-și găsească răspuns, dat fiind că sunt deja planificate mai multe observații în următoarele două decenii. Totuși, trebuie să recunoaștem deschis că, în mare măsură, bâjbâim în întuneric!

▲ O lentilă gravitațională gigantică

Această fotografie extraordinară realizată cu ajutorul telescopului spațial Hubble i-a surprins pe astronomi când a fost arătată prima dată. Ea reprezenta o confirmare spontană a teoriei generale a relativității formulate de Einstein, care prevăzuse că razele de lumină sunt curbate de influența gravitațională a unui obiect cosmic masiv. În imagine se vede roiul de galaxii Abel 2218, un grup de galaxii de culoare gălbuie care sunt atât de mari încât masa lor combinată formează o lentilă, producând o mulțime de imagini deformate, asemănătoare unor arce, ale unui alt grup de galaxii mult mai îndepărtate; acestea din urmă au o culoare albăstrie în imagine. Uneori, sunt produse imagini multiple ale aceluiași roi îndepărtat.



CAPITOLUL 4 **Stele și planete**

▲ **Formarea sistemului solar**
Materia rămasă după formarea Soarelui constituie un disc în jurul tinerei stele; se observă clar fasciculele puternice emise de aceasta. Pe măsură ce în acest disc încep să se formeze corpuri cerești de mari dimensiuni, coliziunile devin frecvente (partea de jos dreapta a imaginii).

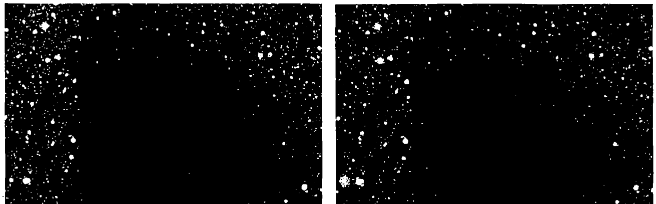
În capitolele precedente, am văzut cum Universul a aprins primele stele și cum s-au format primele galaxii. Am ajuns la nouă miliarde de ani după Big Bang, când Universul semăna foarte mult cu ceea ce vedem în apropierea noastră astăzi. A doua generație de stele popula galaxiile, și este momentul acum să spunem mai multe despre evoluția stelelor. Am vorbit despre primele stele, dar am trecut repede peste formarea lor pentru că ne interesau mai mult efectele lor extrem de importante, care se manifestau în întregul Univers. Am văzut că și-au încheiat scurta existență prin splendide explozii, supernovele împrăștiind elemente grele la mare depărtare. Un alt efect a avut de asemenea o importanță crucială; undele de șoc provocate de explozii au dus la formarea altor stele din norii de gaz învecinați.

Multă vreme quasarii au fost obiectele cosmice cele mai evidente pentru că găurile negre din centrul lor consumau cantități uriașe din praful și gazul existente în abundență, eliberând cantități enorme de energie. Când praful și gazul disponibile s-au terminat, quasarii și-au mai pierdut din strălucire și în Univers au rămas galaxii „normale". Acum cinci miliarde de ani, viteza cu care gazul se transforma în stele a crescut, iar Universul a devenit mai luminos. Totuși, până la urmă, acum 4–5 miliarde de ani, combustibilul a început să se epuizeze și stelele care mureau erau mai multe decât cele care se formau. În același timp, într-o galaxie spirală insignifiantă, Soarele nostru începea să se formeze, așa că haideți să analizăm mai amănunțit procesul de formare a stelelor.

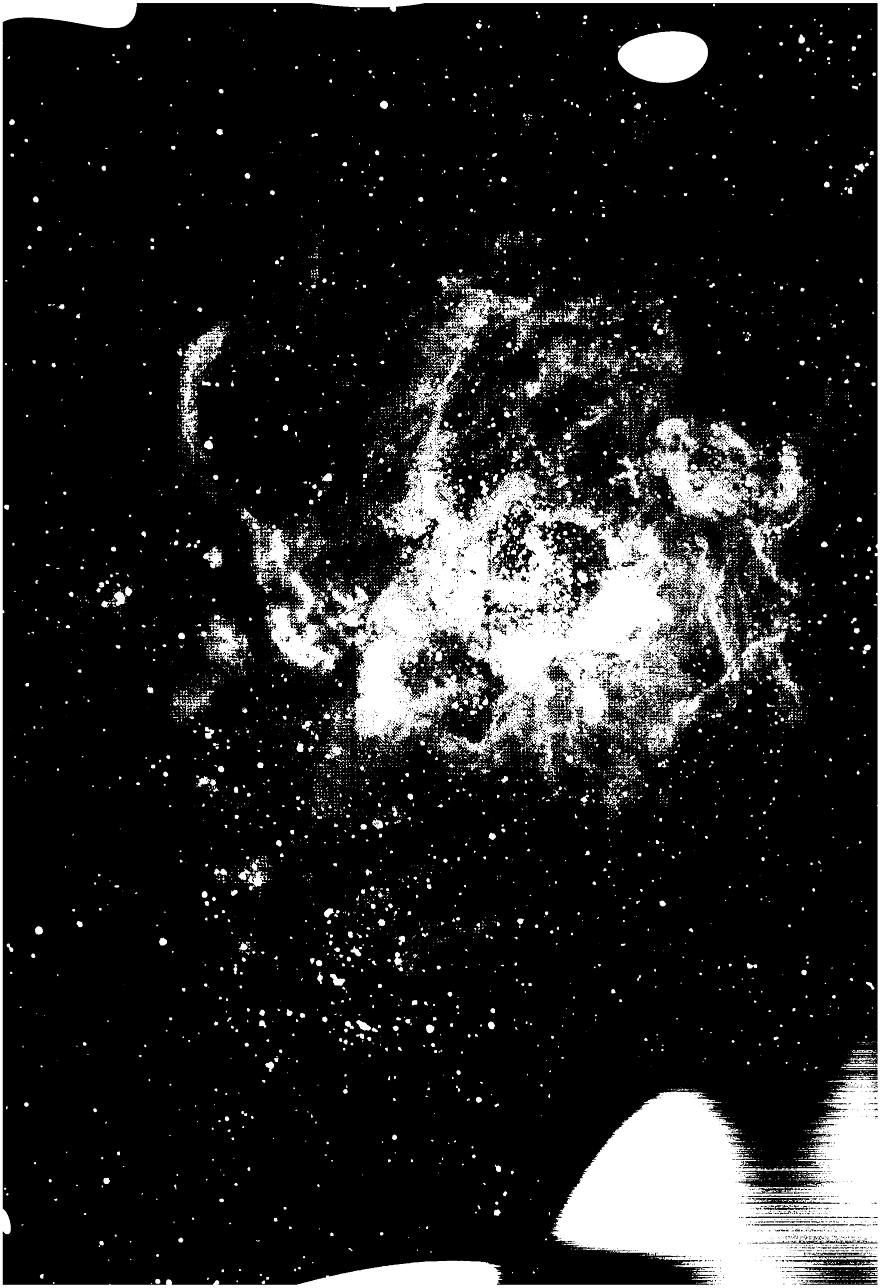
▶▶ **O crescătorie de stele gigantică (NGC 604)**
În acest imens nor de praf din apropiata galaxie M33. se nasc multe stele noi. Multe dintre tinerele stele pot fi văzute nu numai direct, ci si indirect, fiindcă strălucirea lor luminează și restul nebuloasei.

Nașterea unei stele

Formarea stelelor în galaxii nu se produce uniform. Colapsul gravitațional poate fi favorizat de condițiile din materia înconjurătoare, un bun exemplu reprezentându-l brațele spirale ale galaxiilor de tipul galaxiei noastre. Chiar aruncând o privire fugară pe imaginea optică a oricărei galaxii spirale, vom observa că, în general, stelele din brațele spirale sunt albastre, iar cele din centrul proeminent sunt gălbui. Stelele albastre, mari și fierbinți din brațele spirale trăiesc puțin la scară cosmică, doar câteva zeci de milioane de ani. Aceasta înseamnă că oriunde vedem niște stele albastre, putem fi siguri că în regiunea respectivă s-au format stele relativ recent; deducem, prin urmare, că în galaxiile de acest tip formarea stelelor se concentrează în brațele spirale.



▶ **Nori negri între stele**
Aceasta este Globula Bok B68, fotografiată la lumină vizibilă (stânga) și cu raze infrarosii (dreapta). Norii de gaz și praf sunt un teren propice formării stelelor și acest ciudat nor negru, care se profilează aici pe un fond strălucitor de stele îndepărtate, ar putea fi precursorul multor protostele. După cum se poate vedea în imaginea din dreapta, folosirea unor lungimi de undă mai mari permite astronomilor care studiază formarea stelelor, cum este Chris, să privească prin nori.



Toate stelele, inclusiv Soarele nostru, se formează în pepiniere de stele imense numite nebuloase, pe care le putem considera niște rezervoare de gaz și praf. În interiorul unei nebuloase, materia este protejată de radiațiile puternice care străbat restul Universului, astfel încât se poate răci, atingând temperaturi foarte scăzute. Modul în care se întâmplă acest lucru este esențial pentru întregul proces de formare a stelelor. La început, răcirea se datorează faptului că moleculele de hidrogen pot radia energie. Pierderea de energie duce la răcirea norului și temperatura scade; mai târziu, răcirea va fi produsă mult mai eficient de atomii de carbon sau de hidrogen. Împotriva prăbușirii acestor regiuni de gaz sub influența gravitației acționează mișcarea aleatorie a particulelor; dacă aceste particule se mișcă repede, vor învinge forța gravitațională, iar aglomerarea de materie nu se va prăbuși niciodată suficient pentru a forma o stea. Observații actuale asupra regiunilor în care se formează stele arată că acest proces poate fi continuu, aglomerări de materie formându-se și apoi risipindu-se neîntrerupt.

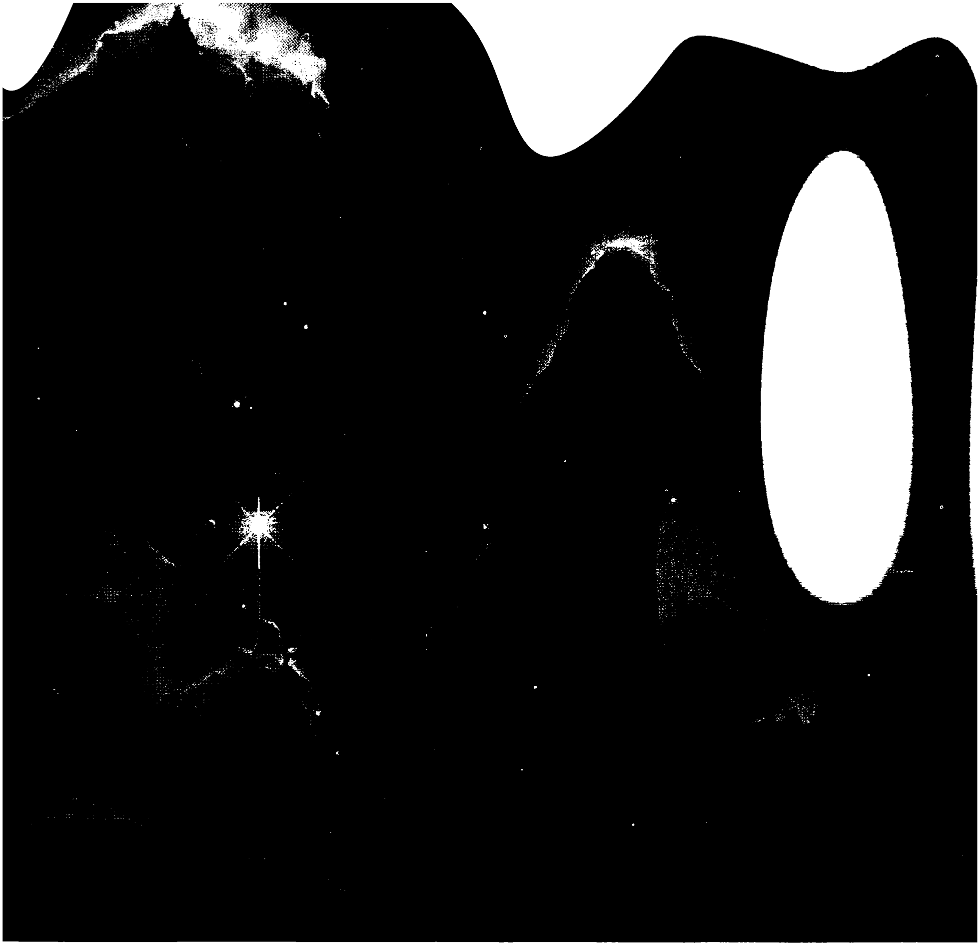
Totuși, rețineți că vitezele particulelor depind de temperatură; cu cât aceasta este mai scăzută, cu atât ele se mișcă mai încet. Dacă gazul se răcește suficient, gravitația câștigă lupta și o masă de gaz rece tinde să se prăbușească.

Odată ce colapsul a atins un anumit nivel, nu mai există întoarcere; s-a format un nucleu protostelar. Un astfel de nucleu va conține foarte multe particule mici, pe care astronomii le numesc „praf"; ele sunt de mărimea boabelor de nisip și sunt formate mai ales din compuși de carbon sau de siliciu. Din cauza acestui praf este atât de dificil să studiem formarea stelelor, în special la lungimi de undă vizibile, deoarece el blochează aproape complet lumina vizibilă. Observațiile în infraroșu sunt utile – ne permit să vedem regiunile de praf cald. Dar, în primele etape ale formării unei stele, temperatura poate atinge chiar -263°C, iar aici nici măcar razele infraroșii nu ne ajută. Pentru a observa aceste zone – cele mai reci din Univers – trebuie să folosim telescoape sensibile la radiații submilimetrice.

Temperatura din interiorul unei nebuloase este atât de mică încât gazul îngheață peste praf. Gazul este compus în principal din hidrogen, dar conține și compuși simpli, cum ar fi monoxidul de carbon. Fiecare tip de moleculă formează un strat de gheață. Cercetări recente arată că această structură stratificată ar putea fi prea simplistă și că straturile de gheață sunt

▼ Galaxia Vârtejul (M51)

Brațele spirale ale acestei superbe galaxii sunt pepiniere în care se formează stele mari și strălucitoare. Imaginea din stânga este realizată la lumina vizibilă. În imaginea din dreapta, surprinsă cu ajutorul unui telescop sensibil la radiații submilimetrice, se observă formarea activă de stele în locuri care în imaginea optică nu se pot vedea din cauza prafului.



compuse din molecule diferite. La aceste temperaturi foarte scăzute, gazele se mișcă încet, ceea ce, alături de densitățile extraordinar de mici, ne spune că ciocinirile sunt probabil rare și eliberează puțină energie. Ceea ce astronomii numesc nor „dens" corespunde pe Pământ unui vid extrem de bun creat în laborator. Așadar, au loc relativ puține reacții chimice.

Odată ce moleculele îngheață pe suprafața boabelor de praf, situația se schimbă. Moleculele sunt reținute una lângă alta și s-a sugerat că ele sau atomii (în special atomii ușori precum cei de hidrogen) s-ar putea mișca natural pe suprafața boabelor. Astfel reacțiile chimice au loc mai repede ori de câte ori moleculele se întâlnesc, și se pot forma molecule foarte complexe conținând mai mult de zece atomi, care rămân invizibile pentru astronomi. Acest proces este important; el sugerează că molecule complicate sunt produse ca o consecință firească a formării stelelor și că acestea există când planetele încep să se formeze din fragmentele rămase.

▲ Stâlpii Creației

În imaginea de mai sus, poate cea mai cunoscută dintre imaginile transmise de telescopul spațial Hubble, stâlpii de gaz și praf interstelar sunt în același timp o crisalidă în care se formează noi stele și o operă de artă. Mai multe stele nou formate pot fi văzute desprinzându-se din vârfurile acestor nori asemănători unor creste.

Între timp, prăbușirea continuă și densitatea nucleului stelei crește constant. În această etapă aglomerarea de materie are un diametru de câteva zile-lumină – de câteva zeci de ori mai mare decât sistemul nostru solar. În cele din urmă, densitatea devine atât de mare încât atomii de hidrogen se ciocnesc cu destulă energie pentru a forma heliu. În interiorul aglomerării de gaz relativ întunecat, steaua noastră s-a aprins, dar nu este încă vizibilă pentru că este ecranată de praful care o înconjoară. Imediat după aceea, aglomerarea de praf și gaz care o înconjoară este încălzită rapid și se transformă într-un „miez fierbinte". Acesta este un termen impropriu, căci temperatura este de numai 27°C, cam aceeași care se înregistrează toamna în Selsey (orașul unde locuiește Patrick, în sudul Angliei). Cu toate acestea, gheața se topește și elementele chimice nou formate se împrăștie în gaz, unde formează o supă de molecule care poate fi detectată de telescoapele sensibile la radiațiile submilimetrice. Această etapă nu durează mai mult de 10 000 de ani – o clipă, în termeni astronomici.

Chimia vieții

Până acum au fost detectate mai mult de o sută de specii de molecule în aceste regiuni calde, multe fiind cunoscute din viața de pe Pământ, ca de exemplu metanolul și etanolul. Există speranțe că am detectat poate chiar niște aminoacizi de bază, care compun toate proteinele și deci formează baza tuturor formelor de viață cunoscute. Dacă oriunde se formează stele sunt produse în mod natural elemente chimice complexe, care rămân în materia din care se poate forma un sistem planetar, acest lucru ar putea teoretic să declanșeze procesele chimice mai complicate care au dus la apariția vieții. Sunt și alte dovezi, chiar dacă doar indirecte, în favoarea tezei că elementele chimice care compun formele de viață de pe Pământ au existat mai întâi în spațiu. Din câte știm, viața de pe Pământ și de pe alte planete se bazează pe un singur atom: carbonul. Fiecare atom de carbon poate forma până la patru legături stabile cu o varietate de alte molecule, iar această capacitate de a forma legături cu exact patru molecule introduce o proprietate numită chiralitate. Nici o altă moleculă nu este atât de adaptabilă; siliconul are o capacitate apropiată, dar nu există dovezi că au apărut undeva forme de viață bazate pe silicon, în afara literaturii științifico-fantastice.

Imaginați-vă un atom de carbon care a format legături cu patru molecule, toate diferite. Există două modalități de a realiza această dispunere – fiecare fiind imaginea în oglindă a celeilalte – care se numesc formă „de dreapta" și formă „de stânga", dar au proprietăți chimice și fizice puțin diferite. Toate procesele chimice simple ar trebui să producă un număr egal de molecule „de dreapta" și „de stânga".

În procesele chimice complicate, precum cele care au loc în organismele vii, alegerea moleculelor nu contează. Viața pare să fi făcut pretutindeni aceeași alegere – toate formele de viață de pe Pământ folosesc doar molecule de stânga. De ce? Și cum s-a produs un amestec de molecule de stânga în structura formelor de viață, când la început exista un

Cât de strălucitoare este o stea?

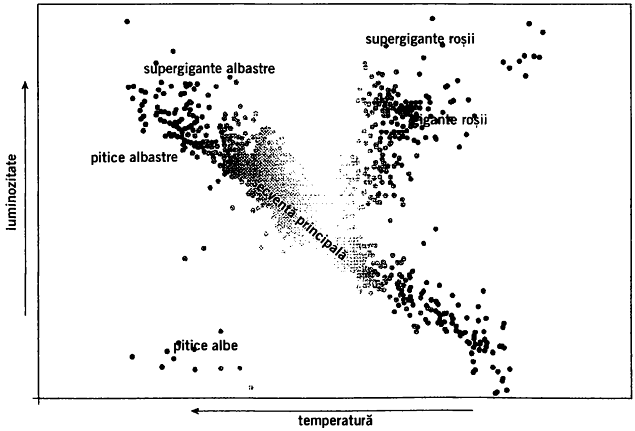
Magnitudinea este o măsură a strălucirii aparente a unei stele. Această scală funcționează ca sistemul de măsurare a handicapului jucătorilor de golf, în care cei mai buni au valorile cele mai mici. Astfel, o stea cu magnitudinea 1 este mai strălucitoare decât una cu magnitudinea 2, care este mai strălucitoare decât una cu magnitudinea 3. Într-o noapte senină, un om obișnuit (aflat într-un loc întunecos) poate vedea stele cu magnitudinea de până la 6 cu ochiul liber, iar echipamentele ne permit să vedem stele cu magnitudinea până la 30. La celălalt capăt al scalei, steaua cea mai strălucitoare, Sirius, are o magnitudine de -1,5, iar planeta cea mai strălucitoare, Venus, poate depăși -4. Soarele are -26,7.

număr egal de molecule de dreapta și de stânga? Se constată că lumina care împrăștie praful din nebuloasele unde se formează stele poate – datorită unei proprietăți numite polarizare circulară – să distrugă particulele de dreapta, fără a le afecta pe cele de stânga. Preferința pentru moleculele de stânga ar fi putut fi stabilită în timpul formării stelei.

Am vorbit destul despre materia care rămâne în jurul unei protostele; vom reveni mai târziu, când vom analiza formarea planetelor. Ce se întâmplă cu steaua nou formată? Înconjurată încă de gaz și de praf, steaua tânără, violentă și instabilă generează un „vânt stelar" puternic format din particule aruncate de pe suprafața ei, ceea ce împiedică altă materie să se prăbușească spre interior. Pot exista de asemenea jeturi puternice de praf și gaz care pornesc de la polii stelelor și risipesc în mare parte nebulozitatea înconjurătoare. După aproximativ un milion de ani de la începutul colapsului am ajuns la ceea ce se numește faza T Tauri din evoluția stelei; aceasta se contractă încă și licărește neregulat. Este înconjurată de un disc de materie care se întinde din apropierea ei până la o distanță de mai multe sute de unități astronomice. Treptat, în aproximativ zece milioane de ani, restul norului care înconjoară steaua va fi împrăștiat, lăsând în urmă acest disc. Cel mai bun exemplu este steaua Beta Pictoris din sudul îndepărtat, al cărei disc poate fi lesne observat folosind un coronograf pentru a bloca lumina provenind de la stea.

Steaua la maturitate

În această etapă, steaua a încetat să se contracte și a ajuns la o vârstă medie stabilă cunoscută ca „secvența principală". Cu alte cuvinte, reacțiile din nucleul stelei furnizează destulă energie pentru a susține straturile exterioare ale stelei și a le împiedica să cedeze atracției gravitaționale. Steaua este susținută literalmente de presiunea (sau, dacă vreți, de „forța de împingere") a gazelor fierbinți și radiațiilor produse în centrul ei. Stelele sunt atât de mari încât durează foarte mult ca un singur foton – o „particulă" de energie luminoasă – să se desprindă din miezul unei stele; în cazul Soarelui poate dura peste un milion de ani. Întregul proces este reglat printr-un termostat natural; dacă steaua încearcă să se contracte, sub influența gravitației temperatura miezului ei crește, astfel încât au loc reacții nucleare

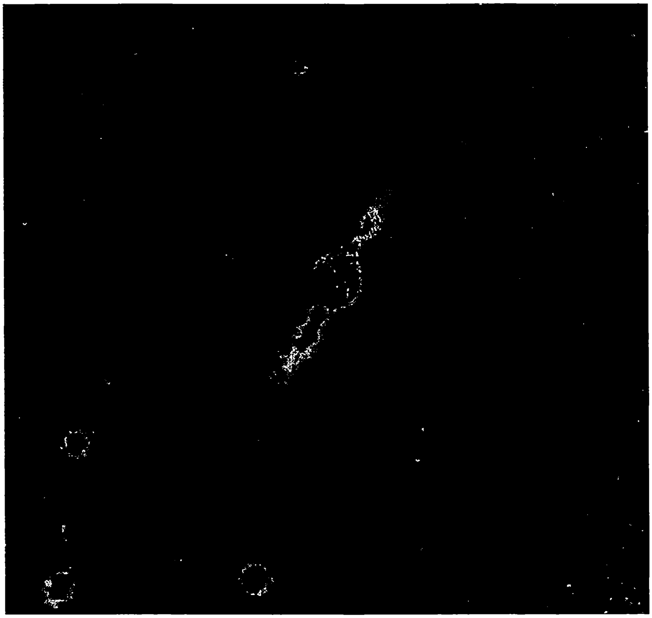


◄ Diagrama Hertzsprung-Russell

O diagramă Hertzsprung-Russell este o modalitate de a ilustra diferențele dintre tipurile de stele, reprezentând luminozitatea ca o funcție de temperatură (sau de culoare, dat fiind că stelele fierbinți sunt albastre și cele reci sunt roșii). Cele mai multe stele se află în așa-numita „secvență principală", din stânga sus (de la stelele albastre, fierbinți si luminoase) până în dreapta jos (la stelele roșii, reci și palide). Termenul *secvență* nu implică o mișcare a stelelor de-a lungul acesteia pe măsură ce „îmbătrânesc". Spre sfârșitul existenței lor, majoritatea stelelor părăsesc secvența principală mutându-se la dreapta și devenind stele uriașe. Stelele cele mai mari pleacă primele, apoi cele medii precum Soarele nostru, care va rămâne opt miliarde de ani în secvența principală, și la sfârșit piticele cele mai mici. Într-un roi mai vechi, capătul albastru al secvenței principale lipsește, iar aceasta poate fi o metodă valoroasă de a determina vârsta roiurilor din galaxiile îndepărtate.

▶ Se formează un alt sistem solar?

Steaua Beta Pictoris este fotografiată aici în lumină infraroșie. Este înconjurată de un disc strălucitor de materie, care aici se vede din margine; în mijloc există un gol datorat faptului că lumina provenind chiar de la stea a fost blocată pentru a face această expunere. În imagine se observă de asemenea o zonă interioară limpede de mărimea sistemului nostru solar, ceea ce dovedește că acolo se formează planete.



▶▶ Roiul Trapezium (Trapezul)

Este un foarte cunoscut grup de stele strălucitoare care se află în centrul nebuloasei Orion. În această zonă au fost descoperite multe „discuri protoplanetare", mai ales în jurul a ceea ce se crede că sunt stele pitice maro. Se consideră că aceste discuri se pot transforma în sisteme planetare.

mai dese, producând mai multă energie, care forțează steaua să se mărească la dimensiunea inițială. Se atinge astfel un echilibru; gravitația și presiunea se anulează reciproc și steaua poate rămâne ușor în secvența principală timp de miliarde de ani.

Am început prin a spune că stelele formează nebuloase imense și apoi ne-am concentrat pe descrierea formării unei singure stele, ceea ce poate induce oarecum în eroare. În fiecare zonă unde se formează stele, sunt produse în același timp mai multe stele și majoritatea acestora își vor începe existența într-un roi. Un exemplu edificator este roiul Trapezium format din patru stele tinere și strălucitoare, care se află în nebuloasa Orion, regiunea cea mai apropiată de Pământ unde se formează stele. Majoritatea stelelor asemănătoare Soarelui se formează în sisteme binare sau multiple, în care două sau mai multe stele sunt formate destul de aproape una de alta pentru a se învârti pe orbite una în jurul celeilalte. Astfel de sisteme pot fi instabile și sistemele stelare triple sfârșesc adesea – dar nu întotdeauna – prin a expulza steaua cea mai mică, prin interacțiune gravitațională. De obicei, viteza de expulzare este mare. Un proces similar are loc în interiorul roiurilor; stelele sunt expulzate cu viteză mare și, în timp ce se îndepărtează foarte repede, transportă cu ele energie gravitațională. Această pierdere de energie face ca stelele care rămân în roi să fie și mai puternic atrase de forța gravitațională a vecinelor lor, până când rămâne un roi de stele stabil. Totuși, în ciuda acestor procese, sunt produse în general sisteme multiple de un anumit tip; statutul singular al Soarelui este una dintre puținele sale caracteristici neobișnuite.

▲ Sistemul solar

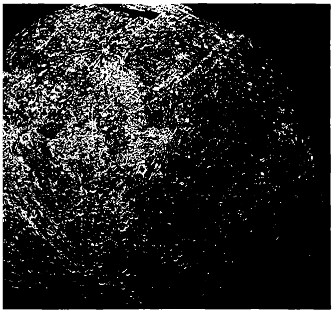
Perspectiva unui artist asupra sistemului nostru solar, privind spre Soare de dincolo de Neptun. Planetele dinspre interior abia se văd, chiar și în această perspectivă, în care dimensiunile lor sunt exagerate. Desigur, în realitate toate planetele ar părea niște puncte șterse de lumină, iar Soarele o stea normală.

▶▶ Venus

Imaginea principală: Nava spațială *Magellan* a cartografiat suprafața planetei Venus în 1990 folosind radarul pentru a pătrunde prin atmosfera care o ascundea. Aceasta este zona Eistla Regio cu muntele Gula Mons, un vulcan având o înălțime de 4 km.
Mai jos: Deoarece Venus este mai aproape de Soare decât Pământul, văzută de pe Pământ, ea pare să treacă prin mai multe faze, asemenea Lunii. Când Venus este aproape aliniată cu Soarele și Pământul, ea este luminată din spate și, privită cu un telescop mic, arată ca o semilună.

▼ Emisfera sudică a lui Mercur

Mariner 10 a fost prima navă spațială care a zburat pe lângă Mercur în 1974. De la 700 km înălțime se observă sute de cratere.



Formarea sistemului solar

În jurul protosoarelui rămâne un disc de materie aplatizat care se învârtește. Faptul că materia capătă o formă plată explică de ce înclinațiile orbitale ale planetelor sunt atât de uniforme. Față de orbita Pământului, înclinația orbitală a lui Mercur este de numai șapte grade, iar a celorlalte planete mai mari este mai mică de patru grade. Acest fapt explică și de ce planetele se mișcă pe orbitele lor în același sens ca Pământul – dacă le-am putea vedea de deasupra polului Soarelui, am constata că toate se rotesc pe orbită în aceeași direcție.

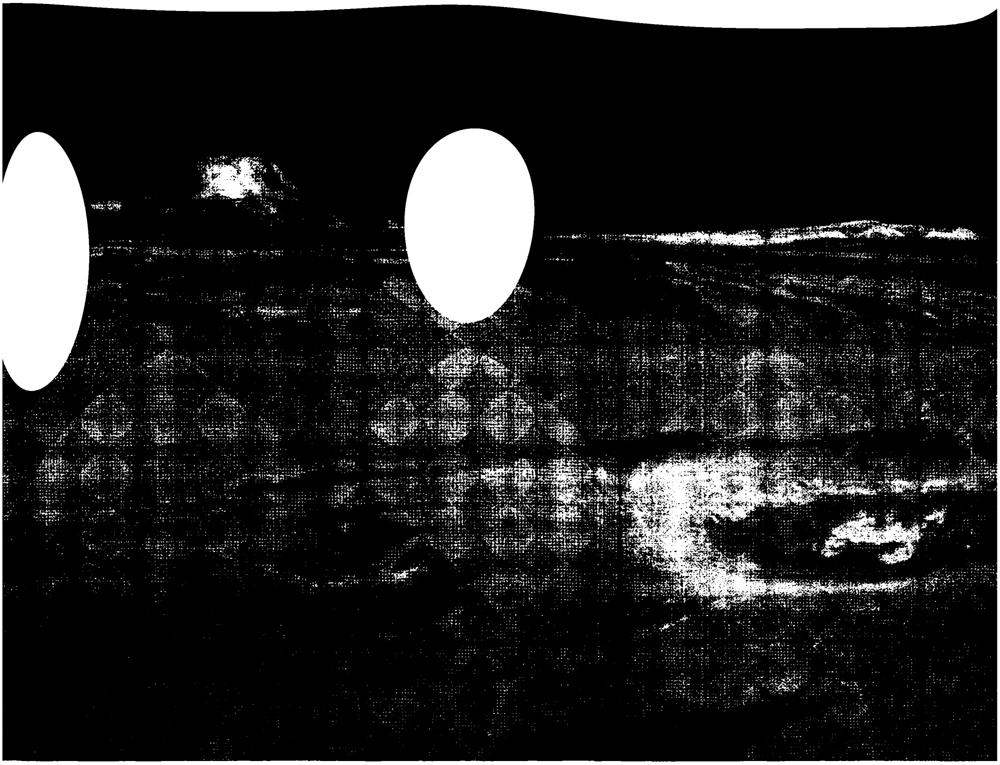
Chiar asteroizii și obiectele cosmice care fac parte din Centura Kuiper – multitudinea de corpuri cerești mici recent descoperite în exteriorul sistemului solar – respectă cele mai multe dintre aceste reguli. Nu există asteroizi sau obiecte cosmice în Centura Kuiper care să se rotească în direcție „inversă", iar din primii o sută de asteroizi descoperiți numai patru au înclinații orbitale mai mari de 20 de grade. Cometele se comportă diferit, deoarece masele lor mici le fac vulnerabile la perturbații provocate de planete, astfel încât excentricitatea și înclinația lor orbitale sunt foarte diverse, iar cometele de perioadă mai lungă, inclusiv cometa Halley, sunt retrograde – adică se rotesc în sens invers față de planete.

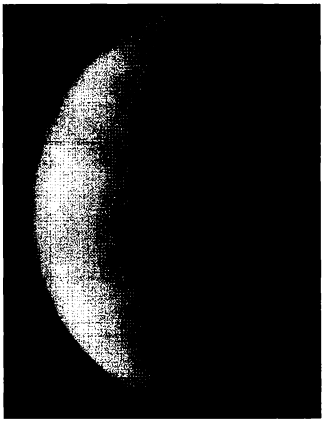
Cercetătorii au elaborat un model teoretic sofisticat pentru transformarea discurilor care se observă în jurul stelelor tinere în sisteme solare. Aproape de steaua-mamă se formează planete mici și stâncoase, iar hidrogenul și alte gaze ușoare sunt risipite de vântul stelar. În sistemul nostru solar, avem planetele Mercur, Venus, Pământ și Marte și, puțin mai departe, Centura de Asteroizi, care se află între orbitele lui Marte și a lui Jupiter. Aici nu s-a format nici o planetă mare din cauza efectului distrugător al forței gravitaționale a lui Jupiter.

Mai departe situația se schimbă. Gazele ușoare nu mai sunt împrăștiate, așa că, odată ce se formează un nucleu planetar, el poate să adune aceste gaze, creându-și o atmosferă foarte mare; devine astfel un gigant de gaz. Jupiter și Saturn sunt cele mai bune exemple de asemenea giganți în sistemul nostru solar. Ceea ce pare a fi suprafața unei astfel de planete uriașe nu este decât partea superioară a atmosferei sale, acest lucru fiind valabil și în cazul giganților mai mici, precum Uranus și Neptun.

Și mai departe, ajungem într-o zonă ocupată de corpuri cerești mult mai mici. Materia este puțină și corpurile care se formează aici nu ajung niciodată la dimensiunea critică necesară pentru a atrage o atmosferă semnificativă. La marginea sistemului solar principal avem Centura Kuiper; cel mai cunoscut obiect cosmic care face parte din aceasta este Pluto, mai mic decât Luna, având un diametru de 2 310 km. Primul obiect din Centura Kuiper (în afară de Pluto, acum considerat cel mai mare dintre aceste obiecte, mai degrabă decât o adevărată planetă) a fost descoperit în 1992, iar în prezent se cunosc câteva sute. Mai sunt și alte obiecte care se învârtesc în jurul planetelor și se află mai departe de Soare. Cel puțin două dintre obiectele din această regiune întunecată – Quaoar și Sedna – au dimensiuni comparabile cu a lui Pluto.

Acest model teoretic este în esență corect, însă lucrurile nu se opresc aici. Când se formează giganții de gaz în mijlocul discului (acolo unde se află Jupiter în sistemul nostru solar), se





creează niște spații goale în disc unde ei au absorbit materia. Putem observa acest proces în desfășurare; au fost detectate astfel de goluri în discurile din jurul unor stele tinere. În această situație apare un conflict între planetă și disc. Gravitația planetei atrage materie din disc, dar discul o trage înapoi. Rezultatul este că se dezvoltă o forță de rezistență care acționează asupra planetei, făcând-o să piardă energie și să se miște în spirală către interior, spre steaua centrală.

Odată ce o planetă gigantică începe să se deplaseze spre interior, ea poate fi greu de oprit. Este foarte dificil să se elaboreze o teorie conform căreia aceste planete să se miște spre zonele interioare ale sistemului solar în formare, evitând să se prăbușească peste stea și să sfârșească astfel în flăcări. S-a sugerat că unele planete chiar s-au prăbușit peste stea și că noi le detectăm doar pe cele care s-au format cel mai recent și care se îndreaptă spre interior, spre distrugere. Studii recente au arătat că planetele gigantice pot câștiga lupta cu materia din disc atrăgând toată materia din apropierea lor și împiedicând dezvoltarea unei rezistențe suplimentare. În acel moment, migrația planetei încetează și aceasta își găsește locul permanent.

Sistemul nostru solar pare să fi evitat haosul pe care l-ar fi provocat trecerea unei planete mari prin discul interior, dar aceasta nu înseamnă că totul a fost stabil de la început. Este posibil ca mai multe planete de mărimea lui Jupiter să se fi format și să fi migrat succesiv spre

▶▶ Gheață pe Marte

În această imagine, surprinsă cu camera stereo instalată pe nava spațială europeană *Mars Express*, se vede gheața dintr-un crater de lângă polul nord al planetei Marte. Sub deșerturile de la suprafața acesteia pot exista rezerve mari de apă cu gheață, care ar putea găzdui forme de viață simple.

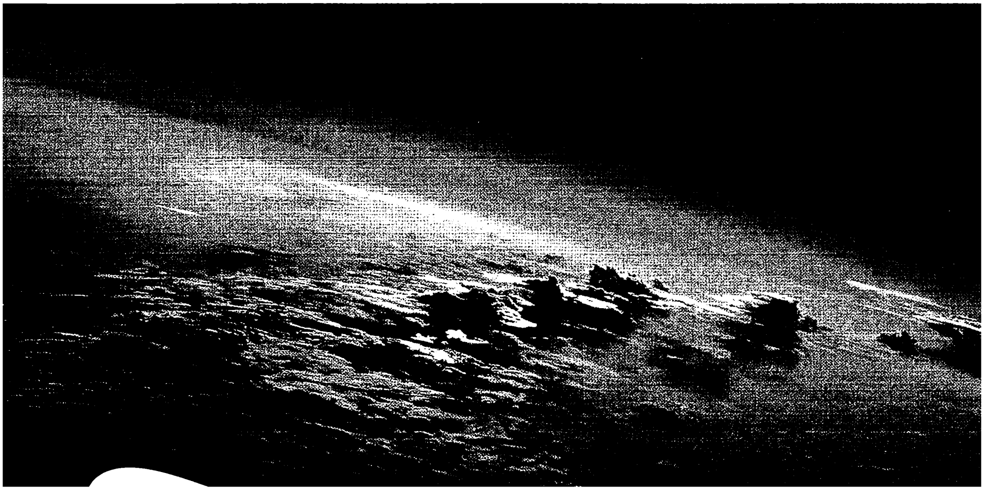
interior, prăbușindu-se peste Soare și fiind distruse. Fie că aceste planete au existat, fie că nu, până la urmă s-au format două aglomerări mari de materie. Suficient de mari pentru a atrage hidrogen prin forța lor gravitațională, aceste două aglomerări au putut să-și mărească rapid masa, formând planetele Jupiter și Saturn. (Inelele lui Saturn, cea mai frapantă caracteristică a acestei planete, nu pot fi mai vechi de aproximativ un milion de ani și s-au format probabil prin fărâmițarea unei luni în urma unei ciocniri spectaculoase. Instabile prin natura lor, aceste inele nu vor mai exista decât încă un milion de ani; avem noroc să le putem vedea.)

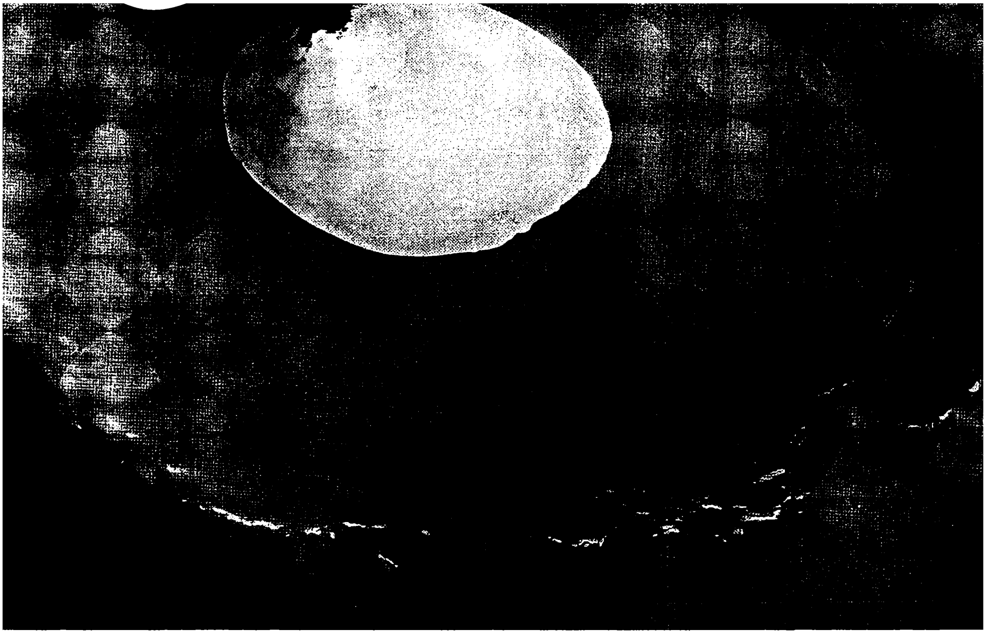
Între timp, lângă proto-Saturn se condensau încă două aglomerări de materie din disc. Mult mai mici, acestea au putut atrage o anumită cantitate de gaz, dar cu o viteză foarte redusă; Uranus și Neptun, planetele care aveau să se formeze din aceste aglomerări de materie, au fiecare o masă puțin mai mare decât cea critică – diferența dintre planetele stâncoase și giganții de gaz. Aceste planete erau la început mult mai aproape de Soare decât sunt astăzi, însă influența gravitațională a lui Jupiter combinată cu interacțiunile cu discul le-a făcut să se îndrepte spre exterior, până au ajuns unde sunt acum. Aceasta a avut efecte dramatice. O mare parte din materia rămasă în discul exterior, prea rece și insuficient de densă pentru a forma aglomerări de dimensiunile unor planete, s-a apropiat prea mult fie de Uranus, fie de Neptun, și a fost aruncată de pe orbita ei stabilă. O mare parte a ajuns în zonele cele mai îndepărtate din jurul sistemului solar, în ceea ce numim acum Norul Oort – un mare rezervor de materie aflat la o distanță considerabilă de cea mai apropiată stea, ferit de influența distrugătoare a gravitației planetelor.

Din când în când, materia din Norul Oort este perturbată, fie de interacțiunile dintre corpurile cosmice din acest nor, fie de trecerea vreunei stele, iar materia este aruncată în sistemul solar interior, unde acești „refugiați" ne apar sub formă de comete, care-și leapădă materia înghețată în lumina Soarelui. Asemenea evenimente sunt rare acum, dar în epoca la care am ajuns în povestea noastră ele erau mult mai frecvente, căci Uranus și Neptun aruncau materie către interior. Urmele acestui „mare bombardament" sunt craterele de pe suprafața Lunii, care arată că sistemul solar interior a fost lovit de foarte multe corpuri cerești mici. Acestea au lovit probabil și Pământul, însă urmele au fost de mult acoperite.

▼ Privind spre Pământ

Norii și lumina Soarelui deasupra Oceanului Indian, văzute din naveta spațială *Discovery* în 1999.





Sistemul solar astăzi

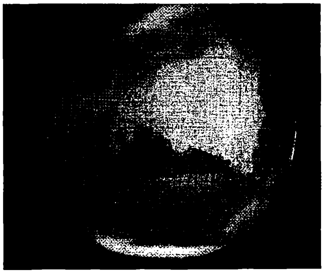
Este foarte improbabil ca sistemul solar în care ne aflăm să fie unic, dar acesta poate să fie destul de neobișnuit, deci haideți să-l examinăm mai în amănunt. Pe lângă planete și corpuri cerești de dimensiunile unor asteroizi, există și comete, pe care le-am descris ca niște mingi de gheață murdare. Singura parte cât de cât substanțială a unei comete este nucleul, format din gheață amestecată cu pietriș. Când o cometă se apropie de Soare, gheața se evaporă și se formează un cap al cometei și foarte adesea o coadă sau mai multe cozi lungi. Există și particule de praf – fragmente de cometă, care produc meteori când pătrund în partea superioară a atmosferei terestre și ard la aproximativ 65 km deasupra nivelului mării.

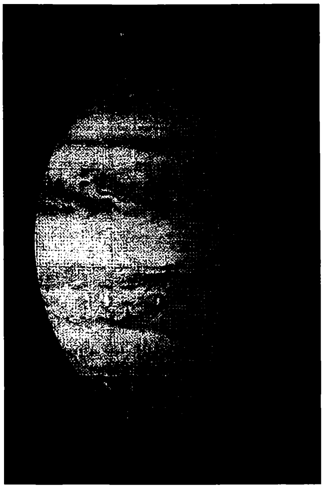
Corpuri mai mari pot ateriza intacte și pot produce cratere; aceștia sunt meteoriții. Trebuie să observăm că meteoriții nu sunt doar niște meteori mai mari; cele două categorii de obiecte cosmice sunt foarte diferite. Meteoriții sunt corpuri care au fost dislocate din Centura de Asteroizi și nu au legătură directă cu cometele.

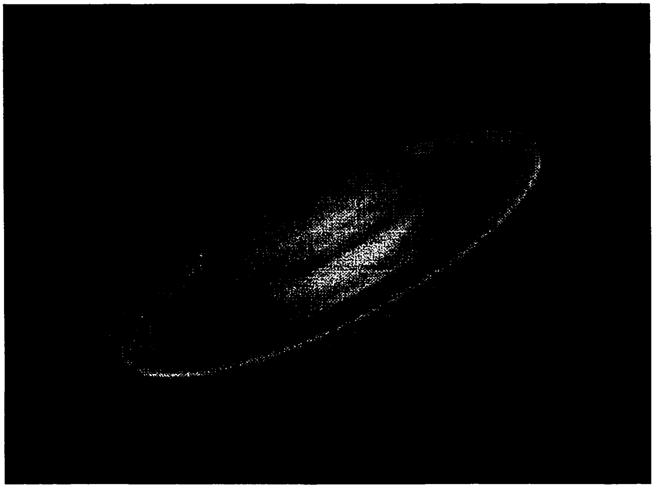
Planetele se mișcă în jurul Soarelui pe orbite aproape circulare, dar majoritatea cometelor au orbite foarte excentrice. Planetele au perioade orbitale de la 68 de zile (Mercur) la 165 de ani (Neptun). După cum am văzut, planetele s-au format dintr-un disc de materie aplatizat

▼ Marte

Discul planetei Marte fotografiat de telescopul spațial Hubble. Pe lângă calotele de gheață, se văd și nori. Zonele întunecate, despre care se credea că sunt acoperite de vegetație, sunt regiuni unde praful a fost spulberat.







▲ **Jupiter**

Marea Pată Roșie a lui Jupiter a fost vizibilă de când Galilei a observat această planetă pentru prima oară. Furtuna enormă, mai mare decât Pământul, a fost surprinsă aici de nava spațială *Cassini* în drumul său spre Saturn.

◄ **Saturn**

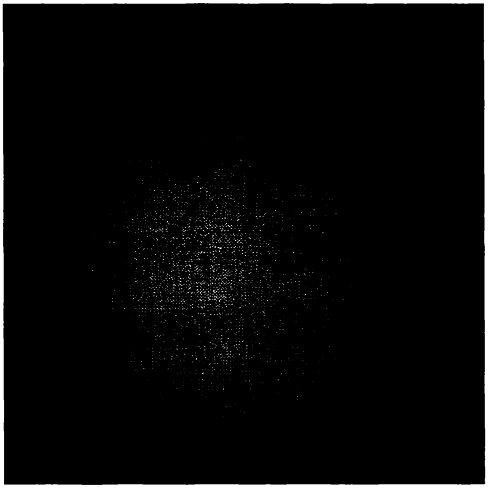
Cea mai frumoasă dintre toate planetele, mai ales datorită inelelor sale. În această imagine, surprinsă cu telescopul lui Patrick, se observă numeroase benzi pe suprafata gazoasă a planetei.

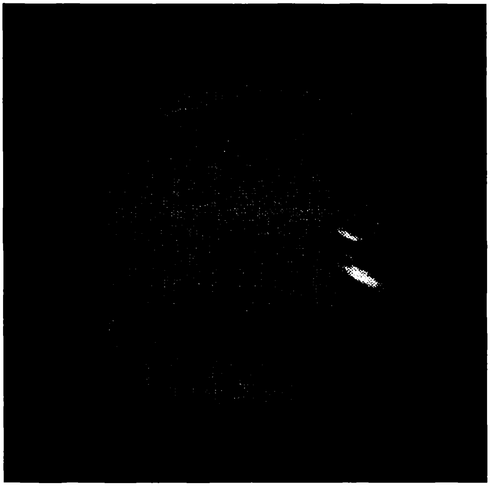
care înconjura Soarele când acesta era o stea tânără; din acest motiv, au aproape aceeași înclinație orbitală. Acest lucru este valabil și pentru obiectele cosmice din Centura Kuiper, și pentru comete.

Cea mai faimoasă cometă este cometa Halley, care se va întoarce în 2061. În prezent este prea ștearsă pentru a fi văzută, dar va fi observată cu mult înainte de următorul periheliu (poziția cea mai apropiată de Soare). Cometele foarte strălucitoare observate ocazional au perioade mult mai lungi; se pare că unele au devenit atât de strălucitoare încât au aruncat umbre, însă până acum nu am fost martori la trecerea unei asemenea comete. În sfârșit, sistemul solar conține o cantitate enormă de praf interplanetar.

Dintre cele patru planete din sistemul solar interior, Pământul și Venus au cam aceeași mărime; deși au aproape aceeași masă și aceeași dimensiune, aceste planete „gemene" nu sunt identice. Venus are o atmosferă foarte densă, compusă mai ales din dioxid de carbon, și norii ei sunt bogați în acid sulfuric. Suprafața sa are o temperatură de aproape 500°C. Pare foarte puțin probabil să existe forme de viață de tipul celor de pe Pământ. Mercur, planeta aflată cel mai aproape de Soare, este prea mică pentru a reține o atmosferă considerabilă. Dincolo de orbita Pământului, găsim planeta Marte. Au fost trimise multe nave spațiale spre această planetă și există planuri să fie trimise vehicule cu echipaje umane la bord, dar acest lucru se va realiza probabil în viitorul îndepărtat.

Este foarte clar că planetele gigantice diferă total de planetele mici dinspre interior. Planetele uriașe s-au format la o distanță mai mare de Soare și au putut reține gaze ușoare, în special hidrogen. Nucleele planetelor Jupiter și Saturn sunt compuse din silicat la temperaturi înalte; aceste nuclee sunt acoperite de straturi de hidrogen lichid, peste care se suprapune atmosfera vizibilă. Uranus și Neptun nu sunt la fel – ele pot fi descrise mai corect ca giganți de gheață decât ca giganți de gaz. Jupiter este mai mare decât toate celelalte planete împreună și s-a afirmat chiar că sistemul solar este format numai din Soare, planeta Jupiter și diferite resturi!





Dintre sateliții planetelor, Luna este unică – singurul satelit mare asociat cu o planetă mică. Jupiter are patru sateliți mari și o mulțime de sateliți mai mici; Saturn este însoțit de un satelit mare, Titan, și de mai mulți medii și mici; Uranus are cinci sateliți destul de mari, iar Neptun are unul, Triton, și o mulțime de alți sateliți mai mici. Dintre toți acești sateliți, numai Titan are o atmosferă densă. Marte are doi sateliți foarte mici, Phobos și Deimos, foști asteroizi capturați cu mult timp în urmă. Dintre planete, numai Mercur și Venus călătoresc singure în spațiu.

▼ Uranus

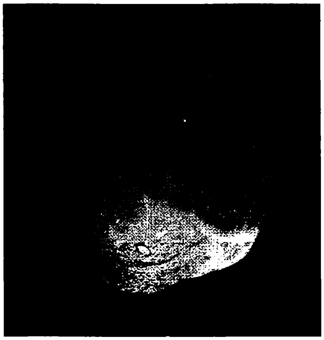
În această imagine se vede suprafața destul de plictisitoare a lui Uranus, fotografiată de la bordul navetei spațiale *Voyager 2*, care a trecut pe lângă ea. Fapt unic pentru planetele din sistemul solar, axa de rotație a lui Uranus este înclinată puțin mai mult de 90 de grade, asa că planeta se rostogolește în jurul Soarelui.

▲ Neptun

Cea mai distinctivă caracteristică a suprafeței lui Neptun observată de la bordul navetei *Voyager* în trecerea ei pe lângă această planetă a fost „Marea pată întunecată (neagră)". Totuși, observatii recente arată că această pată a dispărut.

◀ Cometa Ikeya-Zhang

Fotografiată în timpul apropierii ei de sistemul solar interior. Coada cometei are o directie opusă Soarelui, căci materia se desprinde din nucleul înghețat al acesteia.



▲ **Cometa Tempel 1**

Această imagine cu rezoluție mare a fost asamblată de Brian din imaginile transmise de sonda *Deep Impact* în iulie 2005. Sonda s-a ciocnit deliberat de suprafața cometei, descărcând 250 000 de tone de apă.

Planete stâncoase

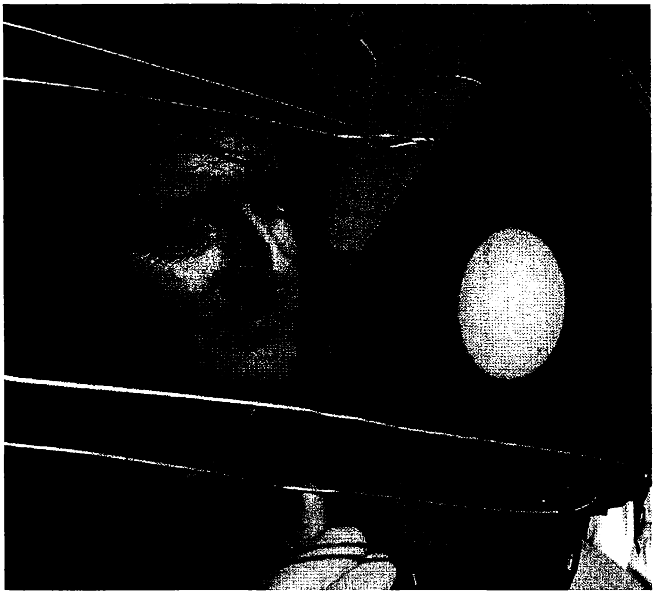
Dacă migrația giganților de gaz spre interior este ceva obișnuit, este posibil ca șansele noastre de a detecta planete stâncoase, asemănătoare Pământului, să fie semnificativ reduse. Chiar dacă s-au format într-o perioadă timpurie din istoria unui sistem solar, ele au fost probabil aruncate de pe orbitele lor sau distruse de trecerea unei planete de mărimea lui Jupiter. Existența Pământului pare să depindă de faptul că, din motive neînțelese prea bine, Jupiter a rămas acolo unde s-a format inițial. Mai mult, în momentul de față în marea majoritate a sistemelor solare detectate par să existe giganți de gaz acolo unde ne-am fi așteptat să fie „Pământuri" stâncoase. Trebuie să recunoaștem că tehnicile de care dispunem favorizează detectarea planetelor mari apropiate de stelele din aceste sisteme și că observații suplimentare ar putea arăta că sistemul nostru solar nu este atât de neobișnuit. Aceasta este o întrebare fundamentală, la care ar trebui să putem răspunde în următorii zece ani; în prezent se pregătesc misiuni care să caute alte planete asemănătoare Pământului.

Doar din când în când observatorii pot avea norocul să vadă o planetă care pare să treacă prin fața stelei în jurul căreia se învârtește. În sistemul nostru solar, vedem tranzitele lui Mercur și, mai rar, pe ale lui Venus. Ultimul tranzit al lui Venus a avut loc în 2004; următorul va fi în 2012, apoi va trece mai mult de un secol până la următoarele două tranzite. Planetele extrasolare (sau exoplanetele) se învârtesc pe orbite în jurul unor stele aflate la o distanță prea mare ca să le putem vedea discurile, astfel încât, atunci când planeta trece prin fața stelei, tot ceea ce vedem este o ușoară întunecare, pentru că planeta blochează o parte din lumina stelei. Metoda tranzitului se pretează la studii la scară largă; zeci de mii de stele pot fi monitorizate într-o singură noapte și toate micile scăderi suspecte ale strălucirii lor pot fi urmărite. Acest tip de astronomie nu mai este în exlusivitate domeniul profesioniștilor – este extraordinar că aceste semne ale mișcării unor planete în jurul altor stele pot fi acum detectate de astronomii amatori. Mai mult, niște amatori au fost considerați codescoperitori ai câtorva dintre exoplanetele cunoscute.

În prezent, cunoaștem aproximativ 170 de exoplanete care se rotesc în jurul altor stele decât Soarele. Aproape toate au fost descoperite printr-o diversitate de metode indirecte; cele mai multe succese s-au obținut cu o metodă care presupune să privim steaua-mamă, nu planeta. Deși, la fel ca în sistemul nostru solar – unde Soarele conține mult mai mult de 99% din masa acestuia – steaua centrală este mult mai mare decât planeta, forța gravitațională a planetei va avea un efect asupra stelei, făcând-o să se clatine în mișcarea ei prin spațiu. Clătinarea va fi foarte ușoară, dar poate fi descoperită prin măsurători atente. Prin această metodă se poate determina prezența planetei și cu cât masa planetei este mai mare, cu atât steaua se clatină mai tare.

Pitice maro întunecate

Există o diferență esențială între o planetă și chiar și cea mai rece stea pitică maro. O stea adevărată trebuie să aibă o masă de cel puțin 8% din masa Soarelui, adică aproximativ de 75 de ori mai mare decât a lui Jupiter; dacă masa este mai mică, nu se pot declanșa reacții nucleare, pentru că temperatura miezului stelei nu este destul de mare. Dat fiind că piticele maro sunt atât de întunecate, ele nu sunt ușor de găsit, prima fiind identificată cu certitudine abia în 1995; până acum au fost localizate multe asemenea stele. Majoritatea sunt asociate cu stele normale, poate pentru că acestea sunt mai ușor de localizat decât piticele izolate. Până azi, cea mai întunecată pitică maro



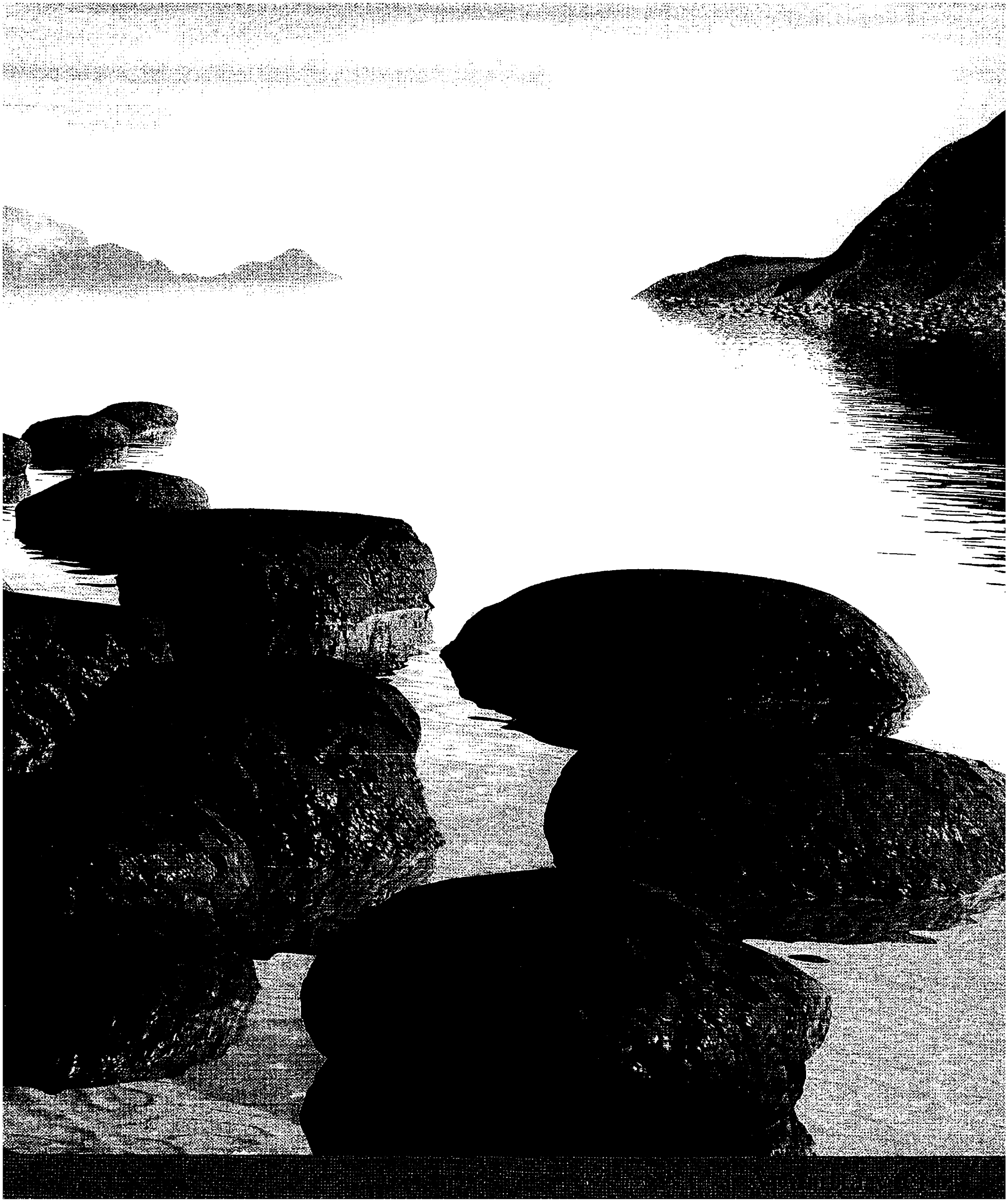
◀ **Observând tranzitul lui Venus**
În imagine îl vedem pe Brian în grădina lui Patrick, folosindu-și propriul echipament de „înaltă tehnologie" pentru a observa trecerea lui Venus prin fața Soarelui în 2004. Venus este punctul mic, întunecat din partea de jos, pregătindu-se să plece din fața Soarelui. Rețineți că vedem doar o imagine indirectă a Soarelui, proiectată de ocularul unui telescop mic (care nu apare în fotografie) pe o bucată de carton alb (susținută de două umerașe de sârmă!). **Este extrem de periculos să încercați să priviți Soarele direct prin orice fel de telescop. Chiar și un telescop mic vă poate distruge vederea pentru totdeauna.** Vedeți pagina 156 pentru informații complete privind metodele de observare în siguranță a Soarelui.

cunoscută este Gliese 570D, aflată la o distanță de 19 ani-lumină; temperatura de la suprafața ei este de doar 480°C, puțin mai mare decât cea a unui cuptor de bucătărie. Se rotește pe orbită în jurul unui sistem de trei stele; se crede că are un diametru cam cât al lui Jupiter, dar este de 50 de ori mai masivă și este prea grea ca să fie considerată planetă. Dar nici nu poate fi considerată o stea autentică, fiindcă în atmosfera ei s-au descoperit urme de litiu – iar litiul nu poate rezista la temperaturile stelelor obișnuite, este descompus. Cel puțin pitica strălucește, chiar dacă slab, în timp ce o planetă depinde de lumina reflectată de steaua-mamă.

Există o populație ciudată de pitice maro izolate, care nu au legături cu nici o stea. Ele pot fi foarte numeroase, dar originile lor reprezintă încă o chestiune controversată. Aceste obiecte singuratice au fost numite și „planete solitare", care, cel puțin în parte, ar fi fost expulzate din sistemele în care s-au format prin interacțiuni gravitaționale.

Grație listei mereu crescânde a exoplanetelor, putem fi mult mai siguri că planetele asemănătoare Pământului sunt obișnuite în galaxia noastră, cel puțin în sistemele solare cu o singură stea. În sistemele binare, e greu de imaginat cum ar putea supraviețui mult timp o planetă mică fără a fi expulzată din sistem. Dar există cel puțin o excepție: o planetă mare care se rotește în jurul unei stele asemănătoare Soarelui într-un sistem triplu.

Oricât de fascinant este acest ansamblu minunat și bizar de sisteme planetare, ne interesează în special un anumit tip de sistem solar, acela care include o planetă mică, stâncoasă și umedă. Haideți să ne concentrăm acum asupra planetei noastre abia formate, Pământul.



▲ **Stromatoliți**

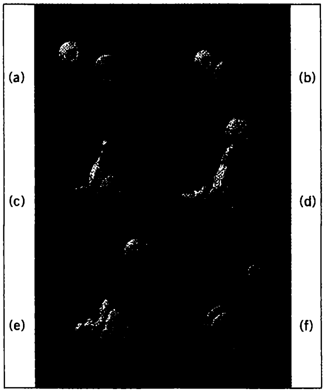
Stromatoliții, cele mai reprezentative exemple de fosile vii, sunt roci formate din milioane de straturi microscopice compuse din resturi de bacterii. Ei pot fi văzuți și azi în Shark Bay (Golful Rechinilor) din Australia.

▶▶ **Luna**

Fața cunoscută a Lunii. Zonele întunecate sunt mările acesteia – vechi bazine de lavă umplute cu materie de culoare închisă – și întreaga ei suprafață este presărată cu cratere.

▼ **Formarea Lunii**

Două planete s-au ciocnit și nucleele lor au fuzionat formând o singură planetă mai mare, Pământul. Fragmentele rămase din straturile exterioare au format Luna.



În urmă cu aproximativ 4,6 miliarde de ani, Pământul se formase, dar era în întregime în stare lichidă, datorită temperaturii foarte mari. Înainte ca suprafața planetei noastre să se poată răci, a avut loc un eveniment dramatic, care a avut drept consecință formarea Lunii. Teoria care are astăzi cei mai mulți susținători afirmă că aceasta s-a format datorită ciocnirii extrem de puternice a Pământului cu un alt corp ceresc, probabil de mărimea planetei Marte. Cele două corpuri au fuzionat, iar resturile de materie împrăștiate au format Luna. Faptul că Luna este mai puțin densă decât Pământul arată că nucleele celor două corpuri cosmice nu au participat la formarea Lunii, ci au fuzionat, formând nucleul actual al Pământului.

Rolul Lunii

Luna, satelitul natural al Pământului, pare un obiect cosmic aparte și are un rol esențial în evoluția vieții pe planeta noastră. Luna stabilizează înclinația axei Pământului, care este în prezent de 23 de grade și nu variază cu mai mult de un grad. Dacă Luna nu ar fi existat, această înclinație ar fi variat considerabil și clima ar fi fost foarte diferită. Comparați situația Pământului cu a lui Marte, care nu are nici un satelit de dimensiune comparabilă; cei doi sateliți ai săi, Phobos și Deimos, sunt atât de mici încât influența lor este neglijabilă. Prin urmare, nu există nici o forță de stabilizare, iar înclinația axei lui Marte variază de la 11 la 35 de grade de-a lungul unui ciclu de aproximativ 100 000 de ani. Evoluția vieții depinde de stabilitatea climei pe termen lung. Dacă axa de rotație a Pământului ar varia într-o perioadă scurtă, această stabilitate nu ar exista, iar viața așa cum o știm nu ar fi apărut. Se pare că trebuie să-i mulțumim Lunii pentru că a făcut posibilă existența noastră.

Efectul cel mai evident pe care Luna îl are asupra Pământului este reprezentat de maree. Fricțiunea provocată de acestea încetinește rotația Pământului, iar acest proces continuă și astăzi. Un efect la fel de important este creșterea distanței dintre Pământ și Lună cu 4 cm pe an.

După cum este de așteptat, Pământul are un efect asemănător asupra Lunii și, dat fiind că masa acestuia este de 80 de ori mai mare decât a Lunii, influența lui este și mai importantă. Cu mult timp în urmă, rotația Lunii a fost încetinită de maree până când aceasta a fost „capturată", devenind sincronă, adică perioada ei de rotație a devenit egală cu perioada ei orbitală. Drept urmare, Luna ne arată întotdeauna aceeași față.

Este important să reținem că, deși Luna ne arată mereu aceeași față, ea nu arată întotdeauna aceeași față Soarelui, iar ideea că există o „față întunecată" a Lunii este complet greșită. Condițiile diurne și nocturne sunt aceleași în ambele emisfere ale Lunii, cu excepția faptului că Pământul nu se va vedea niciodată din emisfera care nu este orientată spre acesta.

Viteza de rotație a Lunii a devenit repede constantă, dar nu și viteza cu care se mișcă pe traiectoria sa eliptică în jurul Pământului. Respectând regulile de circulație obișnuite ale sistemului solar, Luna se mișcă mai repede în apropierea „perigeului", punctul în care se apropie cel mai mult de Pământ, și mai încet pe restul traiectoriei. Așadar, poziția pe orbită și gradul de rotație ajung să nu mai fie sincrone. Rezultatul este că, privită de pe Pământ, Luna pare să se balanseze. Uneori vedem o mică porțiune în jurul regiunii de vest a Lunii, alteori în jurul marginii estice. În total, datorită acestei balansări și altora mai mici, toate numite „librații", putem studia de pe Pământ 59% din suprafața Lunii, dar niciodată mai mult de 50% odată. Doar 41% din suprafața ei nu poate fi văzută de pe Pământ.

Planeta noastră – leagăn al vieții

La început, Pământul era în stare lichidă și prea fierbinte ca viața să poată apărea. S-a răcit treptat în aproximativ 500 de milioane de ani și a format un înveliș solid. Inițial, atmosfera era

formată în mare parte din hidrogen, dar aceasta nu putea să reziste. Atomii cu energie mare s-au risipit curând în spațiu, fiindcă forța gravitațională a Pământului era și este încă prea slabă pentru a-i reține. Ar fi putut exista chiar o perioadă când Pământul nu a avut nici un fel de atmosferă, dar situația s-a schimbat. Vulcanii activi erau probabil mult mai numeroși – și mult mai violenți – și erupțiile au aruncat din interiorul globului cantități suficiente de gaze pentru a produce o nouă atmosferă. Desigur, această atmosferă se deosebea foarte mult de cea de azi, mai ales prin lipsa oxigenului. Pe de altă parte, când atmosfera s-a răcit, apa a început să se condenseze și a urmat perioada așa-ziselor Mari Ploi, care au durat destul pentru a inunda regiunile mai joase și a produce primele oceane.

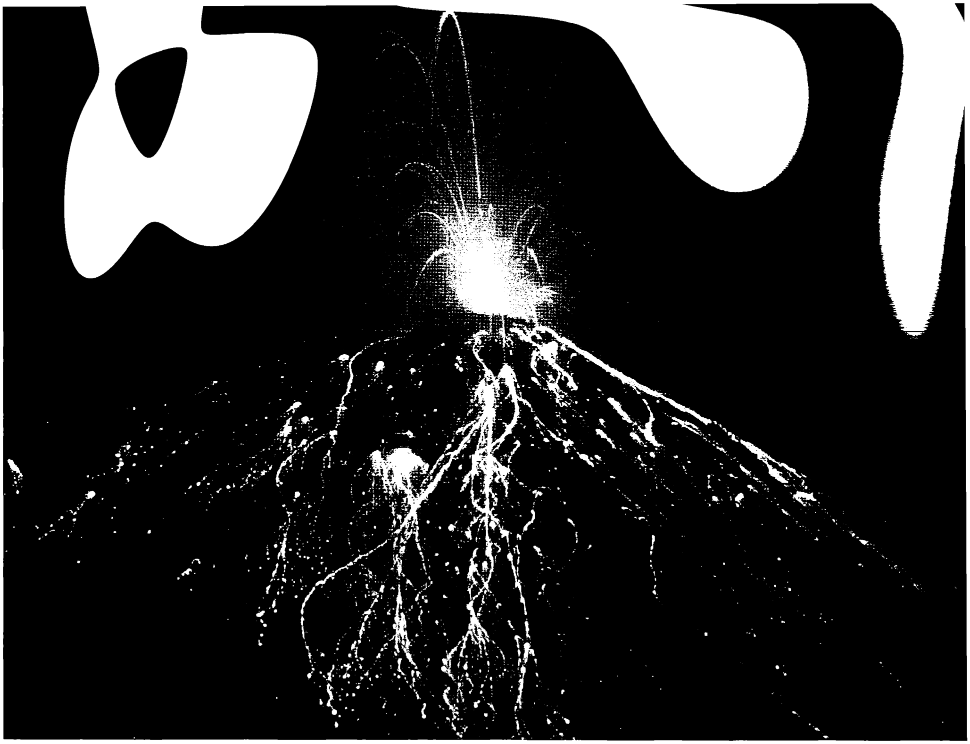
A existat și o perioadă de bombardament cu resturile de materie rămase de la formarea planetelor. Acest lucru este evident dacă ne uităm la suprafața Lunii, ale cărei cratere au fost produse atunci. Desigur, și Pământul a fost bombardat, dar eroziunea a îndepărtat majoritatea urmelor. Dacă nu ar fi existat activitatea tectonică continuă, ciocnirea plăcilor tectonice una de alta și ridicarea munților datorită presiunii, apa ar fi acoperit întreaga suprafață a globului neted până astăzi. Forțele tectonice sunt rezultatul căldurii degajate de descompunerea uraniului și a altor elemente grele instabile în adâncul Pământului. Aceste substanțe au ajuns probabil pe Pământ în urma cataclismelor care au dus la dispariția unor stele. Foarte multe evenimente din trecutul îndepărtat au pregătit scena pentru apariția vieții.

Viața a apărut mult mai devreme decât s-a crezut adesea. Primul organism care a putut să se reproducă a apărut probabil în urmă cu 4,3 miliarde de ani. Cea mai veche dovadă că exista viață pe Pământ, pusă pe seama primelor organisme primitive, este o creștere considerabilă a cantităților de oxigen din atmosferă. Prezența unor cantități semnificative de oxigen constituie o dovadă clară a existenței vieții și dă speranțe cercetătorilor care pregătesc misiuni de căutare a unor planete de mărimea Pământului în jurul altor stele; va mai dura poate câtva timp până se vor întreprinde primele călătorii interstelare, dar putem vedea indiciile vieții de la mare distanță. Cea mai veche dovadă de viață descoperită până acum datează de acum 3,8 miliarde de ani și se găsește în niște roci vechi din insula Akilia, în Groenlanda de Vest.

Nu se cunoaște încă exact procesul prin care a apărut viața; contrar legendei populare, nimeni nu a reușit să repete acest măreț început în laborator. Teoria (nedovedită) susține că energia provenind din surse precum fulgerele și radiațiile de unde scurte emise de Soare a declanșat anumite reacții chimice. Cu trecerea timpului, au fost produse molecule din ce în ce mai complexe, până când a apărut o moleculă capabilă a se reproduce. Capacitatea de a se reproduce sau de a se înmulți este fundamentală pentru tot ce considerăm viață. Reproducerea nu era perfectă; în fiecare generație exista riscul unor variații aleatorii – al unor erori în procesul de copiere. Unele dintre aceste mutații aleatorii erau mai reușite, supraviețuind mai mult timp sau reproducându-se mai ușor decât altele, și astfel aveau șanse

Panspermia

Pornind de la ipoteza formulată de savantul suedez Arrhenius, regretatul Fred Hoyle și colegul lui Chandra Wickramasinghe au susținut că cometele ar putea descărca viruși în atmosfera superioară, provocând epidemii pe scară largă. (Virusurile sunt filamente de ADN sau de ARN care folosesc structura și mecanismele celulelor vii pentru a se reproduce. Unii biologi afirmă că sunt vii în sensul clasic al cuvântului.) Teoria [illegible] cea mai neobișnuită privind formele de viață provenite din spațiu este probabil aceea propusă de eminentul Francis Crick, unul dintre savanții care au descoperit structura elicoidală dublă a ADN-ului, împreună cu chimistul Leslie Orgel: ei au prezentat teoria „panspermiei



mai mari să formeze generația următoare. Această concurență între forme de viață puțin diferite se află la baza a ceea ce se numește evoluție. Începuse procesul grandios, îndelungat care, de la acești simpli replicatori, nimic altceva decât molecule complexe, a dus probabil la apariția enormei varietăți de forme de viață pe care o vedem azi.

Cele mai vechi fosile cunoscute sunt ale unor bacterii care au trăit probabil în oceanele fierbinți de pe Pământ în acea perioadă. Putem determina cu destulă certitudine vârsta lor, deoarece metodele geologice ne pot spune vârsta rocilor în care se găsesc rămășițele acestor organisme primitive. În rocile care s-au format atunci găsim și stromatoliți, structuri asemănătoare unor stânci formate din alge verzi-albăstrii, numite și cianobacterii;

▲ **Vulcan**

Se crede că atmosfera inițială a Pământului, lipsită de oxigen, s-a format în urma unei perioade de activitate vulcanică intensă.

dirijate": viața a fost trimisă pe Pământ în mod deliberat de către ființe aparținând unei civilizații cu o tehnologie avansată, aflată la mare distanță în galaxia noastră. S-a arătat că șansele să fie transportate pasiv microorganisme de la o lume la alta prin spațiul interstelar sunt mici, dar lucrurile ar sta altfel dacă s-ar face anumite pregătiri. Diferite tipuri de microorganisme ar putea fi transportate cu o navă spațială și descărcate aici ca să prospere și să se dezvolte. Este probabil corect să amintim că, la apariția acestei teorii, reacția oamenilor de știință a fost mai degrabă una de uimire decât de entuziasm, însă este extrem de greu de demonstrat că ideile de acest fel sunt greșite.

◀ Fumător negru

Numiți mai corect supape hidrotermale, fumătorii negri sunt locuri aflate la peste 1,5 km sub suprafața oceanului unde, prin niște fisuri în învelișul Pământului, țâșnesc gaze extrem de fierbinți. Acestea se află în crestele oceanice și, în mod surprinzător, sunt înconjurate de o enormă varietate de microorganisme, care prosperă în ciuda temperaturilor înalte, absenței complete a luminii si acidității ridicate. Aceste creaturi formează un lanț trofic complet independent de energia solară, dar care se bazează în schimb pe elementele chimice care ies chiar din sursa hidrotermală.

◀ **Colonie de viermi tubulari**

Creaturi înrudite cu cele din imagine trăiesc în apropierea fumătorilor negri în condiții extrem de ostile. Nu au gură, nici stomac, si supraviețuiesc absorbind elementele chimice din apă prin piele.

stromatoliții datează de acum 3,5 miliarde de ani și, fapt uimitor, unele tipuri supraviețuiesc până azi, în special în Northern Territory, Australia. În primele etape ale istoriei Pământului, cianobacteriile au jucat un rol fundamental în producerea de oxigen liber, ceea ce a declanșat procesul de producere a unei atmosfere respirabile.

Viața este extrem de adaptabilă; unele forme de viață sunt uimitor de rezistente și le merge bine în locurile cele mai neașteptate. De exemplu, un loc unde este posibil ca viața să fi apărut prima oară este în jurul supapelor hidrotermale, numite adesea fumători negri. Acestea sunt fisuri pe fundul oceanelor prin care iese din adâncuri apă fierbinte, bogată în acizi; efluviile sunt adesea negre, de unde și numele. Temperatura apei care țâșnește din aceste fisuri, la cel puțin 1,5 km sub suprafața mării, poate atinge 400°C, mai mare decât temperatura ei de fierbere normală, datorită presiunii, care este de 25 de ori mai mare decât cea produsă de atmosferă la nivelul solului. Uluitor este că aceste fisuri pe fundul oceanului abundă de forme de viață specializate precum viermi tubulari, creveți și chiar moluște, care nu primesc energie de la Soare și supraviețuiesc într-un mediu cu o aciditate comparabilă cu a oțetului, care ar ucide pe loc majoritatea celorlalte forme de viață marină.

▲ Istorie care inspiră

Într-o carte scrisă de Patrick Moore pe care a găsit-o la biblioteca școlii, *Pământul*, Brian a citit pentru prima dată povestea extraordinară a trilobiților. Această carte i-a inspirat pasiunea de-o viață pentru astronomie. Au existat odată 15 000 de specii de trilobiți, care au cutreierat Pământul timp de 300 de milioane de ani înainte să fie nimicite de extincția permiană în urmă cu 260 de milioane de ani. În comparatie, noi, oamenii, am fost până acum aici mai puțin de 200 000 de ani. Ruda în viață cea mai apropiată a trilobiților este crabul-potcoavă. Acest trilobit a ajuns recent la vânzare într-un magazin de obiecte de istorie naturală din New York, alături de o frumoasă colectie de meteoriti, oase de dinozaur și alte indicii privind trecutul nostru îndepărtat.

În întreaga lume, registrul fosilelor ne permite să urmărim evoluția creaturilor vii. În general, viața s-a dezvoltat destul de încet; mult timp a existat doar în mări și oceane, și abia în perioada numită Devonian, în urmă cu aproximativ 400 de milioane de ani, s-a răspândit pe uscat – mai întâi plantele, apoi artropodele (insecte, păianjeni și crustacee) și vertebratele. Creșterea plantelor pe uscat a continuat să producă modificări în compoziția atmosferei. Plantele supraviețuiesc prin fotosinteză, absorbind dioxid de carbon din aer și folosindu-l pentru a produce hrană sub formă de molecule de zahăr. Un deșeu care rezultă în urma acestui proces este oxigenul, pe care plantele îl eliberează în aer.

▲ **Bazinul Chicxulub**

Craterul Chicxulub din Mexic poate fi locul unde s-a produs coliziunea care a pus capăt dominației dinozaurilor.

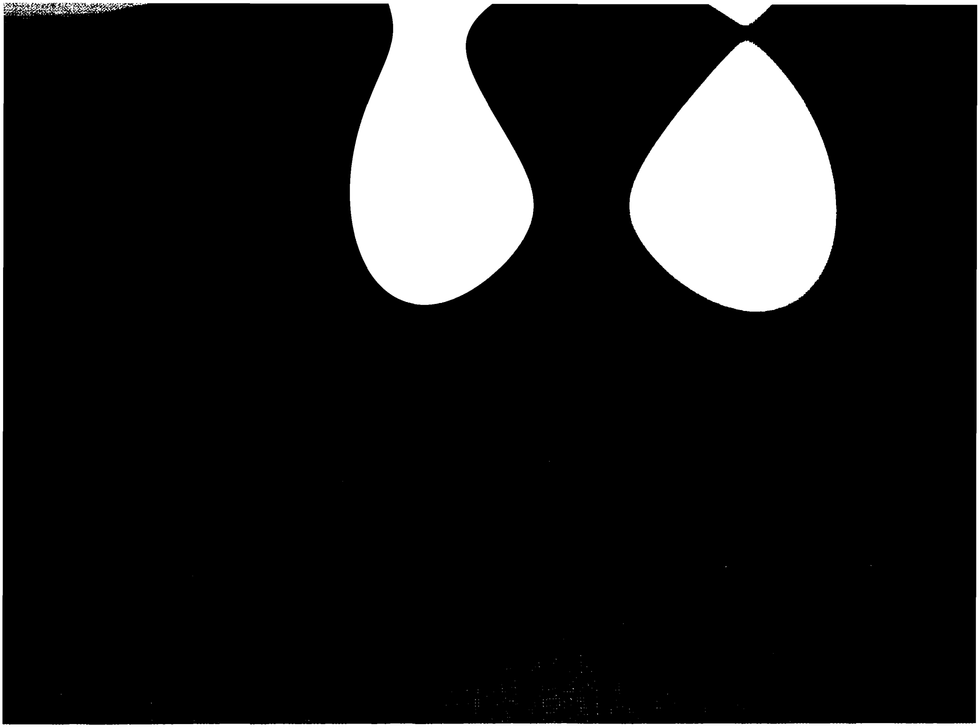
Cimitirul dinozaurilor

Cea mai mare catastrofă din istoria vieții a avut loc la sfârșitul erei denumită de geologi Permian, în urmă cu 250 de milioane de ani. Permianul a durat aproximativ șaizeci de milioane de ani și pare să fi fost o epocă a deșerturilor vaste. Cele mai multe mase de uscat erau unite și formau un continent enorm, care a fost numit Pangaea. Se pare că această extincție care a avut loc în perioada permiană, numită adesea, mai poetic, „Marea Moarte", a fost cea mai mare din istorie și a distrus majoritatea formelor de viață de pe Pământ. Acest lucru se poate determina cu ajutorul fosilelor, însă nu a rămas nici un crater unde să putem găsi indicii cu privire la cauza dezastrului. În schimb, trebuie să ne bazăm pe anumite molecule de carbon numite fulerene. Aceste molecule formează o structură asemănătoare unei colivii, cel mai adesea de forma unei mingi, în care sunt prinși atomii singulari nereactivi în timpul formării. Heliul și argonul care se găseau în fulerene la sfârșitul Permianului par să fi venit din spațiu, fiind produse în atmosfera unei stele care a explodat ca supernovă înainte ca Soarele să se formeze. Aceste elemente chimice pot fi rămășițele unui meteorit care transporta materie rămasă de la începutul sistemului solar. Se sugerează că, în urma impactului, activitatea vulcanică ar fi putut atinge niveluri enorme, acoperind toată suprafața de uscat a Pământului cu un strat de lavă adânc de trei metri. Așadar, nu este de mirare că 90% din toate speciile marine și 70% din vertebratele de uscat nu au supraviețuit.

Reptilele au început să apară în cursul Permianului. Ajungem astfel la epoca dinozaurilor, dintre care unii erau vânători uriași și feroce, iar alții erau mici și erbivori (se hrăneau cu plante). Un mic dinozaur inofensiv, care nu era mai mare decât un canar, a fost supranumit, în glumă, Ciripitozaur.

Dinozaurii au dominat lumea aproape 200 de milioane de ani (prin comparație, oamenii există pe Pământ de mai puțin de 200 000 de ani), dar la sfârșitul perioadei geologice a Cretacicului, acum 65 de milioane de ani, marii dinozauri au dispărut brusc. Totuși, este posibil ca extincția să nu fi fost totală; în prezent pare cert că unele dintre speciile mai mici au supraviețuit până azi sub forma urmașilor lor cu pene, păsările. Dispariția dinozaurilor a fost poate un lucru bun din punctul nostru de vedere, pentru că a însemnat că mamiferele s-au putut diversifica de la animalele mici de tipul șoarecilor de câmp până la marea varietate de specii care există azi. Maimuțele care s-au dezvoltat în timpul Miocenului (de acum 25 de milioane de ani până acum 5 milioane de ani) sunt strămoșii noștri direcți.

Investigarea cauzelor care au determinat dispariția unor specii este o preocupare la modă, și opiniile sunt diverse. În ceea ce privește dispariția dinozaurilor, teoria care are în prezent cei mai mulți susținători afirmă că un meteorit mare a lovit Pământul, ridicând o cantitate enormă de praf și pustiind Pământul – s-a afirmat chiar că locul impactului a fost identificat: Chicxulub pe coasta Mexicului, unde putem detecta suprafețele erodate ale unui crater mare. Dovezile se bazează mai ales pe faptul că rocile depuse în această perioadă pe o suprafață



▲ Explorarea suprafeței planetei Marte

În această reconstituire, robotul *Spirit* al NASA stă falnic pe suprafața planetei Marte, la jumătatea dealului Husband. Împreună cu fratele lui geamăn, *Opportunity*, acest robot geolog a furnizat până acum cea mai bună dovadă că a existat odinioară apă în stare lichidă pe suprafața planetei.

mare conțin o cantitate mai mare de iridiu decât ar fi de așteptat. Iridiul este un element chimic relativ rar pe Pământ, dar caracteristic meteoriților. Nu putem fi siguri că ciocnirea cu un meteorit a dus la dispariția dinozaurilor, dar această teorie are mulți susținători.

A fost util să discutăm despre apariția vieții pe Pământ, dar să ne punem întrebarea dacă această succesiune de evenimente s-a repetat altundeva. S-a sugerat că, dacă există o planetă asemănătoare Pământului care se rotește în jurul unei stele asemănătoare Soarelui, ar trebui să descoperim anumite forme de viață, deși habar nu avem cum a început viața. Dar nu vom putea ști decât atunci când – sau dacă – vom detecta semnale din partea unei alte civilizații. Căutarea a început, însă toate încercările directe de a detecta semnale trimise de alte ființe inteligente (SETI – Search for ExtraTerrestrial Intelligence) au eșuat.

Mars Express

S-au făcut speculații cu privire la posibilitatea ca pe Marte să existe viață, dat fiind că este singura planetă din sistemul solar nu foarte diferită de Pământ. Este mult mai mică, încât a pierdut o mare parte din atmosfera pe care ar fi putut să o aibă, și este mai rece, pentru că se află cu aproximativ 70 de milioane km mai departe de Soare, dar nu există nori toxici sau zone de radiații letale. Rezultatele obținute în 2004 de sonda spațială *Mars Express* și de cei doi roboți americani *Spirit* și *Opportunity* dovedesc că unele părți ale planetei erau acoperite de mări sărate și probabil condițiile erau adecvate pentru viață. Inginerii marțieni invocați de Percival Lowell acum doar o sută de ani, încercând să explice formele de relief ca niște canale pe care credea că le-a văzut pe suprafața planetei, au fost

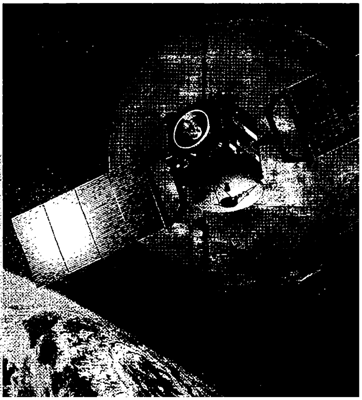
Există viață pe Marte?

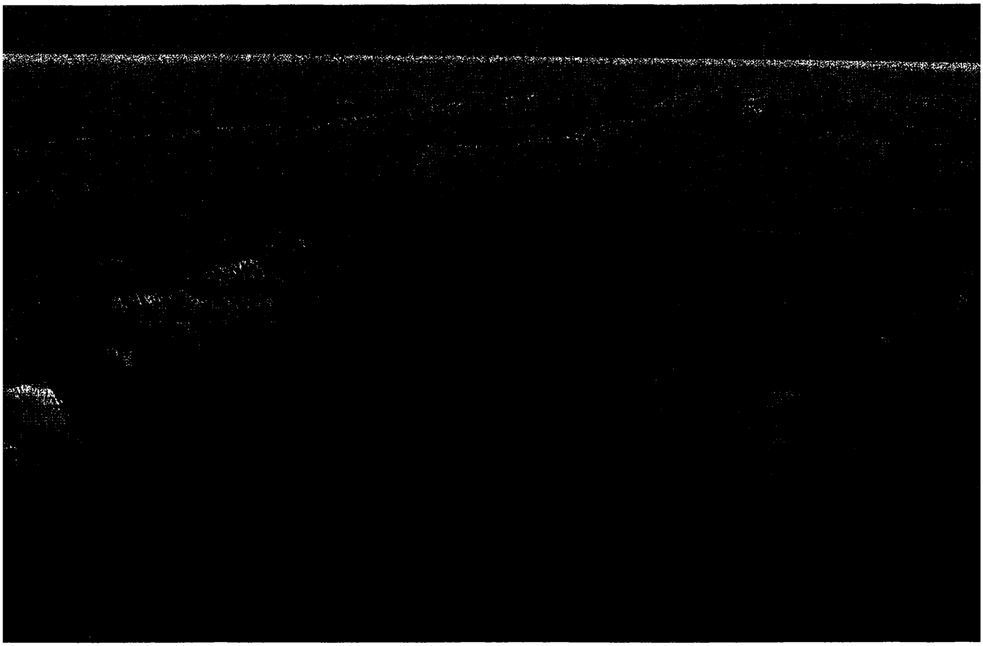
Ce factori trebuie să luăm în considerare când calculăm șansele noastre de a reuși să găsim viață altundeva? Un aspect trebuie lămurit fără întârziere: vorbim despre viață așa cum o cunoaștem noi. Toate formele de viață pe care le putem înțelege au la bază un singur tip de atom, atomul de carbon; numai acesta poate forma legături cu destui alți atomi pentru a constitui grupurile de atomi sau moleculele complexe de care este nevoie. Prin urmare, viața – aici, pe Marte sau pe o planetă dintr-o galaxie îndepărtată – trebuie să aibă la bază carbonul. Corpurile cerești lipsite de aer, precum Luna, trebuie respinse de la bun început. În sistemul nostru solar, Pământul este, poate, singurul potrivit pentru a găzdui forme de viață complexe, inteligente. Desigur, contraargumentul este că am putea să greșim și că ar exilat în spațiul literaturii SF, deși mulți, inclusiv savanții, au regretat dărâmarea acestui mit. Dar, pe Marte ar putea exista și acum organisme inferioare. Putem presupune că, dacă viața apare, ea va evolua cât îi permit condițiile locale. Se poate ca viața să fi apărut pe Marte și să fi început să se dezvolte, dar să nu fi avut ocazia să se diversifice înainte de a se deteriora condițiile.

S-a afirmat recent că s-au găsit dovezi pentru existența unor microorganisme în niște roci aruncate de pe Marte pe Pământ în urma căderii unui meteorit uriaș. Totuși, există dubii cu privire la corectitudinea concluziilor și va fi nevoie de o mostră de sol de pe Marte, care să prezinte indicii clare că acolo există viață, pentru a conchide că viața va apărea oriunde vor exista condiții favorabile.

▼ Sonda Mars Express

Sonda *Mars Express* lansată de Agenția Spațială Europeană transportă o cameră stereo care transmite imagini tridimensionale.





▲ **Coprates Chasma (Canionul Coprates)**

Camera stereo instalată pe sonda *Mars Express* lansată de Agenția Spațială Europeană le permite oamenilor de știință să reconstituie imaginea planetei Marte din orice perspectivă, ca în fotografia de mai sus. Canionul Coprates se află în mijlocul Văii Marinarilor (Valles Marineris), o serie de canioane care fac Marele Canion de pe Pământ să pară un biet șanț.

putea exista ființe inteligente ale căror trupuri să aibă la bază atomi de aur și care să respire în atmosfere de acid sulfuric. Astfel de ființe (BEM, Bug-Eyed Monsters – Monștri cu ochi de insectă) sunt foarte iubite de scriitorii de SF, începând cu H.G. Wells, însă dacă ele există, înseamnă că întreaga știință modernă este greșită, iar acest lucru pare foarte improbabil.

Am stabilit că multe stele au sisteme planetare, dar, pentru ca pe o planetă să existe viață, trebuie îndeplinite mai multe condiții. (Subliniem că avem în vedere numai formele de viață pe care le putem înțelege. Odată intrați pe tărâmul formelor de viață complet necunoscute, speculațiile sunt nenumărate, însă, deocamdată, intenționăm să ne limităm la formele de viață bazate pe carbon.) Planeta respectivă trebuie să aibă o atmosferă care să conțină suficient oxigen liber; trebuie să aibă o suprafață solidă (sau, poate, lichidă); trebuie să existe acolo o rezervă suficientă de apă, trebuie ca temperatura să fie destul de constantă și condițiile să nu se schimbe dramatic pe o perioadă lungă de timp. În sistemul solar, nici un alt corp ceresc cu excepția Pământului nu îndeplinește toate aceste condiții.

Pe de altă parte, pot fi și alte condiții mai puțin evidente care trebuie îndeplinite. De exemplu, o alternanță destul de regulată a zilelor și a nopților pare să fie favorabilă vieții. Dacă una din emisferele planetei s-ar afla permanent în întuneric, iar cealaltă ar fi permanent luminată de Soare, s-ar produce vânturi violente, nu ar exista ploi, iar temperaturile nu ar permite apariția vieții, căci o emisferă ar fi înghețată, iar cealaltă pârjolită. Ar putea exista o zonă propice la granița dintre partea întunecată și cea luminată.

* În povestea *Goldilocks and the Three Bears (Fata cu bucle de aur și cei trei urși)*, o fetiță pe nume Goldilocks ajunge la casa unor urși. În absența lor, ea gustă mâncarea fiecăruia dintre ei și o mănâncă pe cea din castronul puiului de urs, care i se pare tocmai bună, nici prea rece, nici prea fierbinte. (n.tr.)

Să ne îndreptăm atenția asupra temperaturii. În jurul unei stele există o regiune cunoscută sub numele de zona sau ecosfera locuibilă ori „Goldilocks" (v. pag. 118), care nu este nici prea rece, nici prea caldă pentru viață. Orbita lui Venus și a lui Marte nu se află în ecosferă; Venus este prea aproape de Soare, deci prea caldă, iar Marte este prea departe și prea rece. Doar planeta noastră se mișcă ușor în mijlocul acestei zone. În cazul unei stele mai puțin luminoase decât Soarele, ecosfera se va afla mai aproape de aceasta; în cazul uneia mai strălucitoare, ecosfera va fi mai departe. Multe condiții se impun de la sine și fac ca multe stele să nu poată avea sisteme planetare; de exemplu, dacă o stea ar fi foarte variabilă, clima oricărei planete din apropierea ei ar fi extrem de schimbătoare.

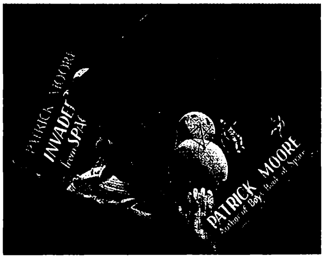
Am văzut că în galaxia noastră există aproximativ o sută de miliarde de stele, un număr mediu pentru o galaxie mare. Pornind de la observațiile actuale, pare probabil ca majoritatea stelelor singulare să aibă în jurul lor planete, de unde rezultă aproximativ patruzeci de miliarde de sisteme solare. Câte dintre aceste planete se află în ecosfera stelei lor? Luând ca exemplu sistemul nostru solar, singurul pe care îl cunoaștem destul de bine, am putea să presupunem că în ecosfera fiecărui sistem solar există câte o planetă. Totuși, trebuie să excludem planetele care se rotesc în jurul unor stele foarte variabile, așa că ar rămâne doar douăzeci de miliarde de planete care ar putea avea o poziție adecvată. Câte dintre acestea sunt stâncoase? Aceasta este o altă problemă – așa cum am văzut, ecosferele altor sisteme solare par să fie ocupate de giganți de gaz. Este dificil să determinăm probabilitatea de a găsi

▲ **Crăciun pe altă planetă**

Unul din desenele în care mama lui Patrick, Gertrude Moore, a încercat să arate cu mult umor cum ar putea fi viata pe o altă planetă

▼ **Adevăr și ficțiune**

Renumit pentru lucrările sale științifice, Patrick a scris și multe romane științifico-fantastice.



▶▶ Jodrell Bank

Radiotelescopul cu diametrul de 76 m a fost construit de către Bernard Lovell la Jodrell Bank în 1957 și a fost folosit ulterior în proiecte SETI (de căutare a inteligenței extraterestre).

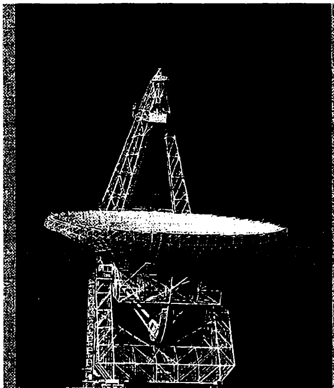
o planetă stâncoasă într-o poziție adecvată, dar din cele aproximativ 120 de sisteme solare cunoscute, în 30 nu există nici o planetă gigant între stea și ecosferă, astfel încât, folosind această fracție ca estimare optimistă, ne rămân cinci miliarde de planete pe care credem că ar exista condițiile necesare pentru apariția vieții. Pe câte dintre acestea a apărut deja? Pentru a răspunde la această întrebare trebuie să cunoaștem și să înțelegem mecanismul prin care a început viața. Trebuie să spunem că nu există niște teorii detaliate formulate de biologi și verificate experimental, ceea ce face foarte dificilă reducerea probabilității la un singur număr. Dacă probabilitatea este chiar de unu la o mie de miliarde, a găsi tocmai civilizația noastră în galaxia noastră pare un noroc extraordinar. Dacă, așa cum consideră unii, probabilitatea este mai aproape de unu la sută, atunci sunt multe milioane de planete care par promițătoare și trebuie cercetate. Această problemă este probabil unul dintre principalele motive pentru care descoperirea vieții pe Marte ar fi atât de importantă – dacă viața ar apărea independent de două ori în același sistem solar, șansele ca ea să apară în toată galaxia ar crește considerabil. Dar problemele noastre nu s-ar termina nici atunci!

Trebuie să ne întrebăm apoi care este probabilitatea ca, odată apărută viața, să se dezvolte niște ființe inteligente cu care am putea comunica. Unii biologi cred că, odată ce viața apare, inteligența este inevitabilă, pe când alții susțin cu argumente la fel de convingătoare că inteligența noastră este într-adevăr unică. Câte asemenea inteligențe am putea detecta? Acestea trebuie să fi egalat sau depășit nivelul de tehnologie pe care omenirea l-a atins numai în ultimii o sută de ani. Apoi, trebuie să ne întrebăm cât de mult timp poate exista o civilizație capabilă să comunice înainte să fie distrusă, fie de vreo calamitate naturală, fie de propria ei nesăbuință. În cazul nostru, nesăbuința pare a fi cauza care va duce cel mai probabil la sfârșitul omenirii. Am ajuns într-o etapă în care incertitudinile sunt de natură biologică, nu astronomică, și așteptăm alte progrese. Rețineți că până acum am avut în vedere numai galaxia noastră – una dintre miliardele de galaxii din Univers. Gândul că am putea fi singuri în acest Univers enorm este copleșitor.

Dacă există inteligență pe altă planetă, există oare mijloace de a stabili o interacțiune semnificativă? Putem respinge tipurile moderne de nave spațiale fără să stăm prea mult pe gânduri. Chiar dacă am putea călători cu viteza luminii, ar dura ani să ajungem chiar și la steaua cea mai apropiată care ar putea fi însoțită de planete și, potrivit teoriei relativității

▼ Proiectul Ozma

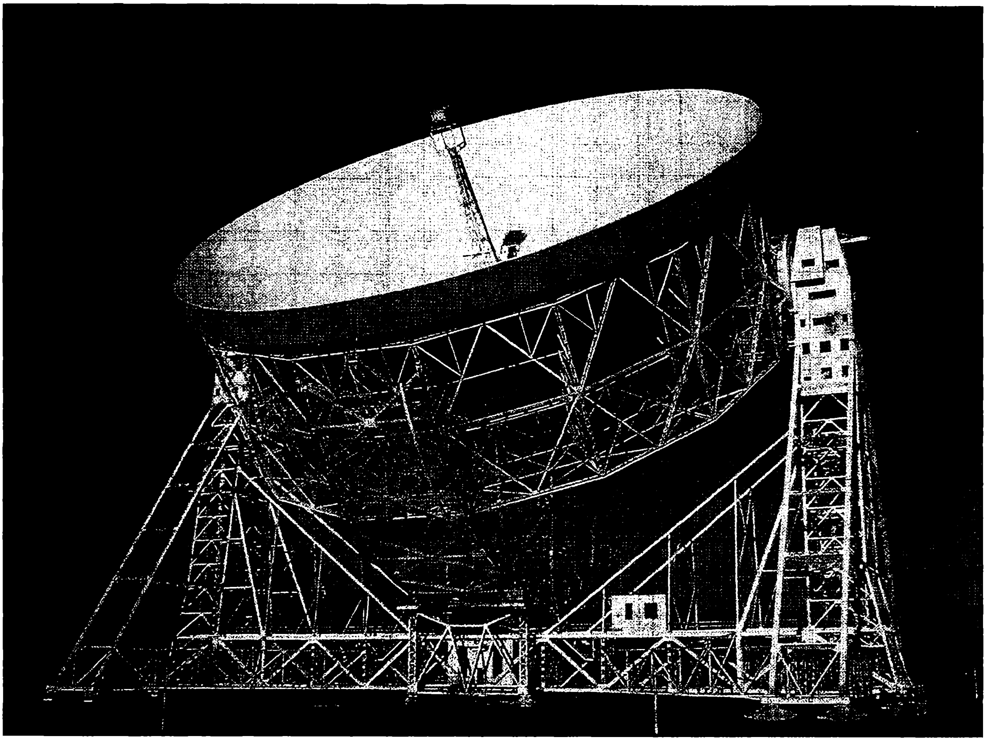
Radiotelescopul cu diametrul de 25,9 m din localitatea Green Bank, Virginia de Vest, a fost folosit de către Frank Drake și echipa lui pentru a întreprinde prima căutare a inteligenței extraterestre, în 1960. De atunci, a fost înlocuit cu acest radiotelescop de 110 m.



Ceti și Eridani

Două stele apropiate păreau foarte potrivite pentru a fi centrele unor sisteme planetare: Tau Ceti și Epsilon Eridani, amândouă ușor vizibile cu ochiul liber. Amândouă sunt de tip solar, dar mai puțin strălucitoare decât Soarele. Aflată la o distanță de 11,9 ani-lumină, Tau Ceti are 46% din luminozitatea Soarelui, dar Epsilon Eridani, care se găsește la 10,7 ani-lumină de Pământ, are o luminozitate cam de trei ori mai mică decât Soarele (30%). Acestea au fost stelele vizate de primul experiment în domeniul căutării inteligenței extraterestre, întreprins de Frank Drake și de echipa lui în 1960. Cercetătorii au „ascultat" la o lungime de undă de 21 cm (1 420 megaherzi) frecvența emisiilor provenind din norii de hidrogen rece răspândiți prin galaxie, însă rezultatele au fost negative. Drake a formulat celebra sa ecuație pentru a calcula probabilitatea să existe viață altundeva în Univers. Din păcate, după cum Drake însuși a arătat primul, formula conține prea multe necunoscute pentru a se trage niște concluzii ferme. Experimentul a fost numit oficial Proiectul Ozma – după numele falsului vrăjitor din cartea clasică pentru copii *Vrăjitorul din Oz*, scrisă de Frank Baum.

Tau Ceti i-a dezamăgit până la urmă pe savanți. Asemenea Soarelui, este o stea pitică galbenă având o masă egală cu 80% din masa Soarelui, iar temperatura de la suprafața ei este cam aceeași. Ecosfera ei ar trebui să se întindă de la 0,6 până

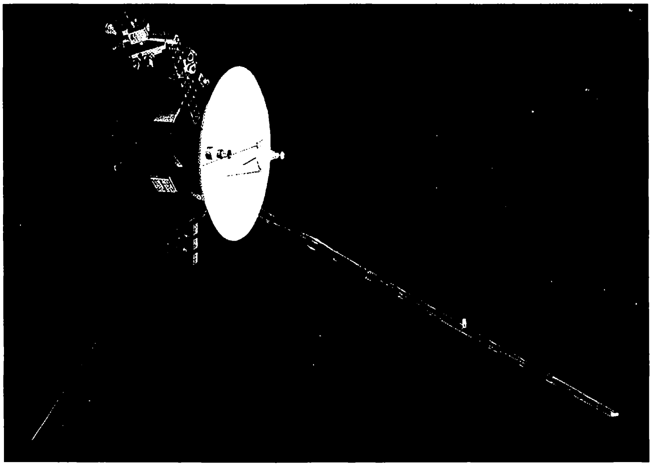


la 0,9 unități atronomice (1 U.A. este egală cu distanța medie de la Pământ la Soare), astfel încât, dacă această stea ar înlocui Soarele în sistemul nostru solar, Venus s-ar afla într-o poziție favorabilă. Dar când această stea a fost studiată cu ajutorul telescopului James Clerk Maxwell din Hawaii, cel mai puternic telescop sensibil la unde submilimetrice din lume, perspectiva a fost mai puțin promițătoare. Tau Ceti este înconjurată de un disc de fragmente de materie, prin urmare orice planetă care s-ar roti în jurul ei ar fi supusă unui bombardament constant cu asteroizi de tipul celor care credem că au dus la dispariția dinozaurilor. Pare improbabil ca viața să fi supraviețuit unor ciocniri atât de puternice și de dese.

Pe de altă parte, Epsilon Eridani se deosebește foarte mult de Tau Ceti, deoarece chiar este centrul unui sistem planetar. În 1998 a fost descoperit un disc de praf în jurul ei, aflat la o distanță aproximativ egală cu aceea dintre Soare și Centura Kuiper; în acest disc există anumite aglomerări de materie, ceea ce sugerează prezența unei planete. În 2000 a fost descoperită o planetă mare cu ajutorul tehnicii prin care se urmăresc balansările stelei; masa acestei planete este mai mare decât cea a lui Jupiter, iar orbita ei este foarte excentrică. S-a presupus că există o a treia planetă, mai departe de stea și mult mai masivă. Pe nici una dintre aceste planete nu există condiții adecvate pentru apariția vieții, dar, dat fiind că în apropierea stelei nu există praf, s-a sugerat că toată materia din acea zonă a fost absorbită de planete de mărimea Pământului. Ecosfera acestei stele se află la o distanță puțin mai mare decât jumătate din distanța dintre Pământ și Soare.

▶ Voyager 2

Lansată în 1977, sonda spațială *Voyager 2* a zburat pe lângă Uranus (1986) și pe lângă Neptun (1989), transmițând primele fotografii de aproape ale acestor planete periferice. Este primul obiect fabricat de om care a părăsit sistemul solar pentru totdeauna, îndreptându-se către stele. Sonda transportă discuri de gramofon placate cu aur care conțin imagini și sunete de pe Pământ, pentru cazul în care ar întâlni forme de viață extraterestre. Discurile includ o diagramă schematică indicând poziția Pământului în galaxie, astfel încât oricine ar fi cei care ar primi aceste daruri interstelare vor putea să ne mulțumească personal.



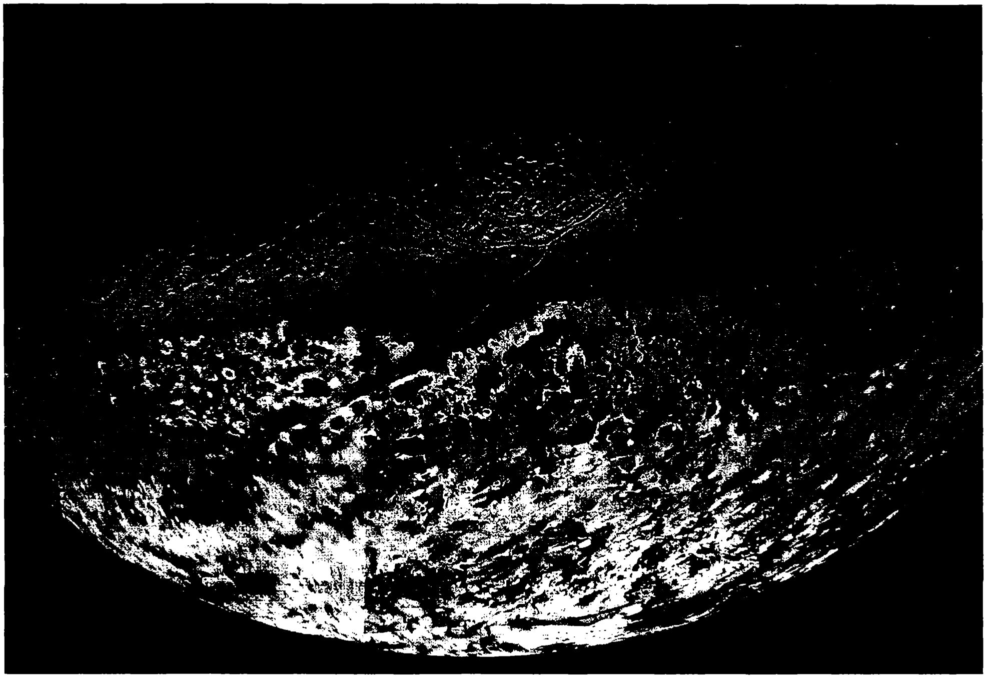
formulate de Einstein, pentru a călători cu viteza luminii am avea nevoie de o cantitate infinită de energie – pur și simplu imposibil. Evident, dacă am folosi rachetele de care dispunem, călătoria ar dura secole, iar aparate precum arcele spațiale, unde pasagerii care se îmbarcă inițial mor în prima parte a călătoriei și doar urmașii lor supraviețuiesc până la sosirea pe o anumită planetă, rămân deocamdată de domeniul literaturii SF. Pentru a întreprinde călătorii interstelare este nevoie de un progres tehnologic semnificativ, care s-ar putea realiza mâine, peste un an, un secol, un milion de ani – sau niciodată. Până atunci, din punct de vedere material suntem obligați să ne limităm la a călători doar în sistemul solar.

În ce privește comunicarea, am încercat până acum o singură metodă: undele radio. Acestea călătoresc cu viteza luminii, deci ar dura numai câțiva ani să ajungă de la noi la stelele cele mai apropiate care ar putea fi centrele unor sisteme planetare. Mai mult, folosind echipamentele de care dispunem în prezent, ar fi posibil să comunicăm prin unde radio la distanțe de mulți ani-lumină. Dacă niște astronomi ar trăi pe o planetă care se rotește în jurul stelei Tau Ceti, la o distanță de 11 ani-lumină de Pământ, aceștia ar putea recepționa semnale de intensitatea celor pe care putem să le trimitem. De asemenea, noi am putea recepționa semnale transmise de ei.

Ne putem aștepta ca orice transmisie artificială să fie bazată pe matematică. Au fost vizate diverse sisteme ingenioase și au fost trimise mesaje codificate nu numai către ε (epsilon) Eridani, ci către multe alte stele. Evident, contactul nu este rapid; dacă trimitem un mesaj

Principiul antropic

În cosmologia modernă a existat o încercare de a analiza așa-numitele „argumente antropice”. Acestea se bazează pe principiul antropic, conform căruia Universul trebuie să fie așa cum este, pentru că, dacă ar fi altfel, noi nu am fi aici să-l observăm. Ca să dăm un exemplu banal, dacă Universul ar avea dimensiunea unui atom, nu ar putea exista creaturi suficient de complexe pentru a fi conștiente. Au fost elaborate versiuni sofisticate ale acestui argument, care au fost folosite pentru a susține ipoteza că suntem într-adevăr unici. Totuși, este greu de imaginat cum pot fi verificate asemenea teorii.



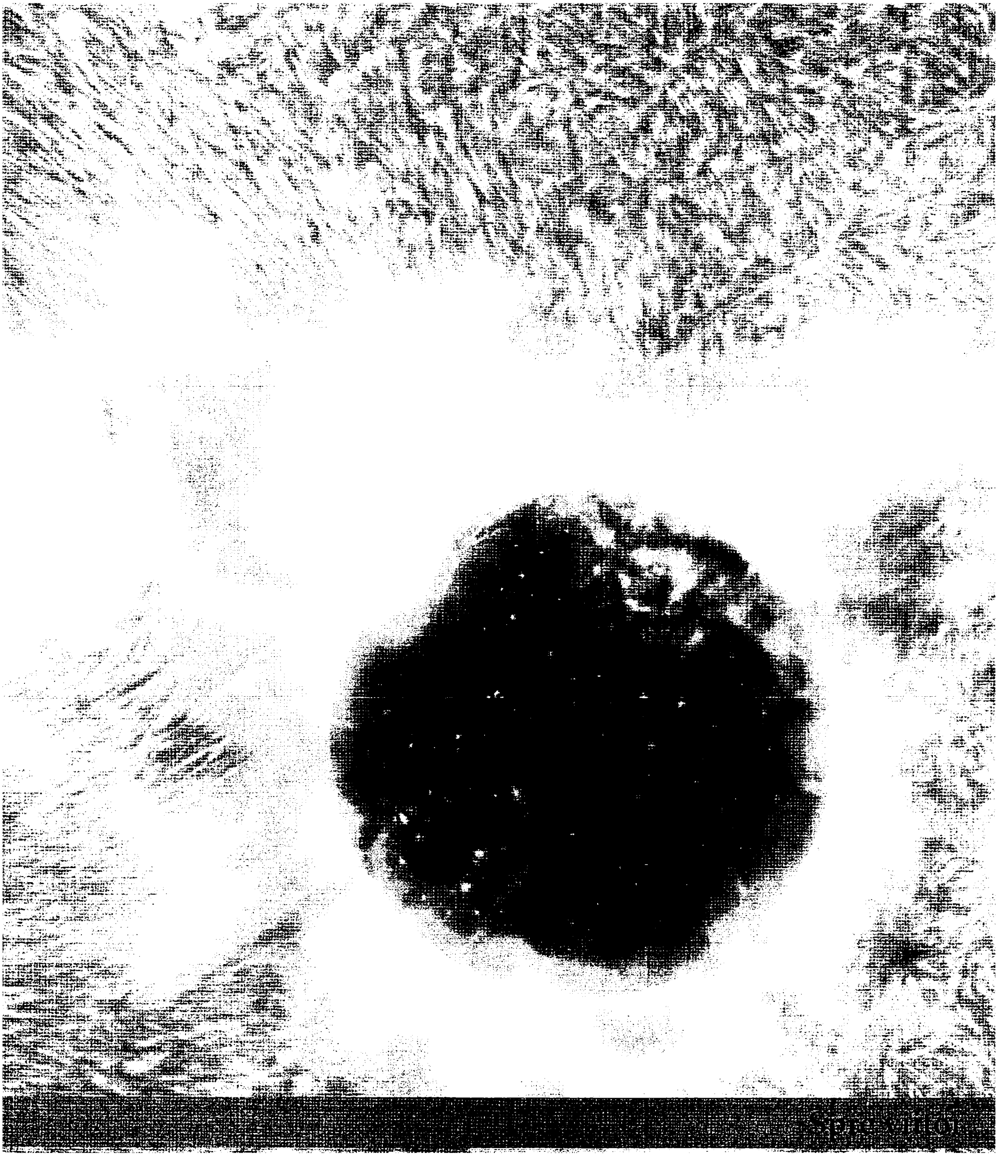
▲ Triton

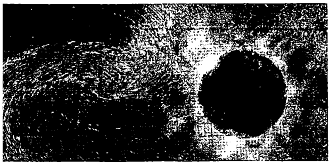
Triton, cel mai mare satelit al planetei Neptun, a fost ultimul obiect fotografiat de *Voyager 2* înainte de a părăsi sistemul solar. Pentru a ajunge la el, *Voyager 2* a călătorit aproape 9 miliarde km în 12 ani.

către Epsilon Eridani în 2006, va ajunge acolo în 2017, deci putem aștepta un răspuns abia în 2028. Însă faptul că acum considerăm că asemenea experimente merită încercate arată cât de mult s-a schimbat atitudinea noastră în această privință. Dacă nu vom primi niciodată un răspuns, acest lucru poate indica fie că experimentul este greșit, fie că nu există o civilizație tehnologică pe o distanță rezonabilă, fie că omenirea este unică.

Noi nu putem trimite nave spațiale spre alte stele, dar o civilizație mai avansată ar putea întreprinde călătorii interstelare. Încă nu ne-au convins poveștile despre farfurii zburătoare, oameni răpiți de extratereștri și invadatori de pe Alpha Centauri, dar trebuie să reținem că tehnologia de care dispunem este nouă și primitivă. S-a sugerat că ar trebui să ne străduim să nu fim descoperiți, ba chiar să retragem cele câteva sonde spațiale, precum *Voyager 2*, care părăsesc acum sistemul solar pentru totdeauna, însă acest lucru ar fi lipsit de logică, chiar dacă ar fi realizabil (dar nu este). Poate că ar trebui să ne liniștească cuvintele lui Percival Lowell: „O civilizație capabilă să ajungă pe Pământ ar fi una care a lăsat în urmă războiul și care ne-ar privi ca pe niște prieteni". Este prea târziu să „păstrăm tăcerea". Am început să transmitem prin radio în jurul anului 1920, deci oricine s-ar afla la maximum 80 de ani-lumină poate percepe „gălăgia radio" venind dinspre planeta noastră.

Știm că viața are un viitor limitat pe Pământ și creșterea luminozității Soarelui va face planeta noastră de nelocuit. Trebuie să privim înainte, spre viitorul Universului.





▲ **Sfârșitul e aproape**

În cinci miliarde de ani, Soarele rosu gigantic se va mări atât de mult încât planetele Mercur si Venus vor fi înghițite, iar Pământul va sfârși în flăcări.

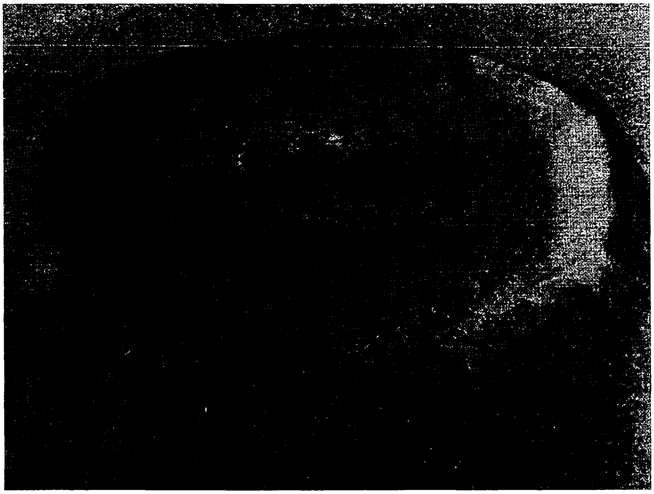
Atunci când studiem trecutul, avem dovezi concrete pe care trebuie să le analizăm: în registrul fosilelor de pe Pământ putem întrezări etapele foarte timpurii ale istoriei planetei noastre; craterele de pe Lună sunt dovezi ale unor ciocniri deosebit de violente cu meteoriți, care au avut loc cu mult timp în urmă; în norii din Nebuloasa Crab vedem rămășițele unei supernove violente de acum aproape o mie de ani. Când contemplăm lumina palidă a galaxiilor, le vedem așa cum erau în urmă cu milioane de ani. Dacă măsurăm viteza cu care acestea se îndepărtează de noi, putem face o descriere credibilă a stării Universului așa cum era cu miliarde de ani în urmă. Și atunci când contemplăm fondul cosmic de microunde, vedem efectiv Universul așa cum era la 300 000 de ani după Big Bang. Chiar putem vedea trecutul.

Viitorul este mai greu de prevăzut; nu putem vedea stelele și galaxiile așa cum vor fi în viitor și trebuie să ne bazăm pe deducție și pe multe speculații științifice. Deși multe pagini din istoria Universului nu au fost încă descifrate, știm mult mai multe despre Universul de acum șase miliarde de ani decât despre cel de peste șase miliarde de ani.

Poate că Pământul este nesemnificativ în Univers, dar pentru noi el este, evident, extrem de important. Haideți deci să analizăm ce poate să-i rezerve viitorul planetei noastre. În medie, Pământul este lovit o dată la câteva sute de mii de ani de un asteroid suficient de mare pentru a provoca distrugeri pe scară largă. În plus, au fost detectați recent mai mulți asteroizi care au trecut îngrijorător de aproape de Pământ; câțiva au trecut pe lângă noi la o distanță de numai câteva zeci de mii de kilometri, mult în interiorul orbitei Lunii. Aceștia aparțin categoriei asteroizilor potențial periculoși (PHAs – Potentially Hazardous Asteroids) și oricare dintre ei poate provoca o altă „Moarte Mare" dacă ar lovi Pământul direct. Dacă un astfel de asteroid ar fi văzut înainte de a lovi planeta, am putea face ceva – de exemplu, am putea detona un dispozitiv nuclear în apropierea lui, făcându-l să devieze de la traiectoria inițială și evitând astfel coliziunea.

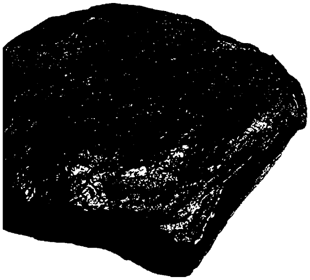
▶ **Wolfe Creek, Australia de Vest**

Un meteorit uriaș care cântărea mai mult de 50 000 de tone s-a prăbușit pe Pământ în acest loc, acum 300 000 de ani. Adâncimea craterului este acum de 60 m, jumătate din cea inițială.



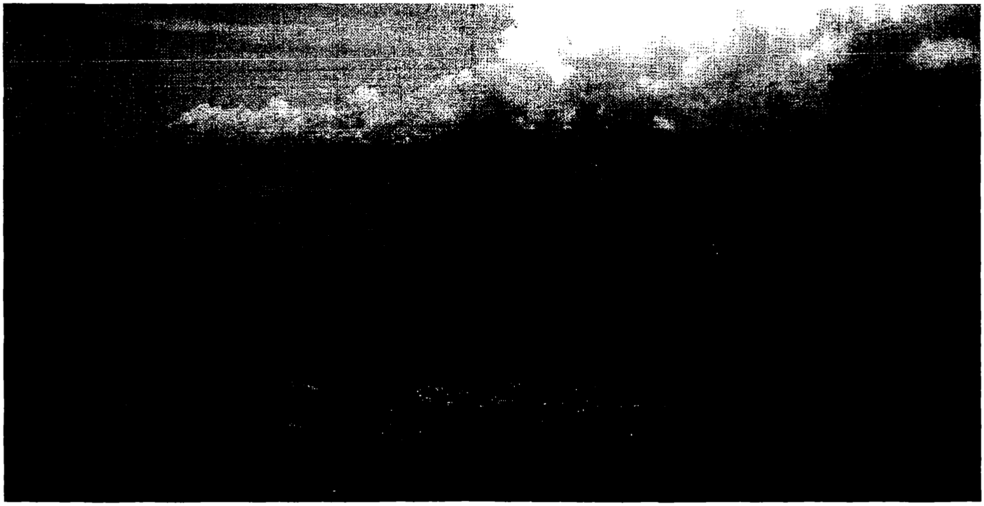
▼ **Un meteorit de fier**

Acest meteorit, primit de Patrick din China, a căzut în 1516, în timpul dinastiei Ming.



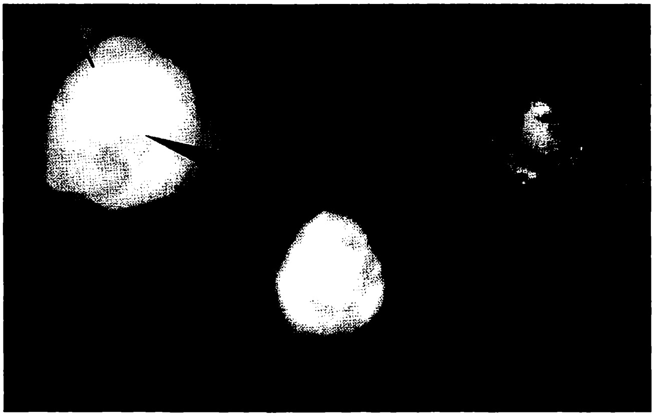
◀▼ Un vulcan uriaș în Sumatra?

Una dintre cele mai mari erupții vulcanice cunoscute a avut loc acum 74 000 de ani, când vulcanul Toba a erupt în Sumatra lăsând în urmă o caldeiră de aproximativ 3 000 de km². Această depresiune uriașă s-a format după prăbușirea centrului vulcanului, vizibil în această imagine realizată din satelit (stânga) și la nivelul solului (jos). Insula din lacul format în crater este un dom care se ridică din cauza magmei active într-o cameră de sub suprafață.



▶ Gheață pe Marte

Trei imagini transmise de telescopul spațial Hubble arată fluctuația calotei de gheață odată cu anotimpurile – aici (de la stânga la dreapta) evoluția este de la toamna, la primăvara si apoi la vara de pe Marte.



Trebuie să recunoaștem că ciocnirea cu un corp ceresc având un diametru de doar câțiva kilometri ar fi dezastruoasă pentru umanitate și s-ar putea să nu ne descurcăm mai bine decât dinozaurii. Este îngrijorător că, în ciuda eforturilor depuse pentru a detecta chiar acest tip de amenințare, mai multe obiecte cosmice care au trecut la mică distanță pe lângă noi au fost observate abia când trecuseră deja pe lângă Pământ.

Există și alte scenarii naturale perfect posibile în care viața de pe Pământ s-ar putea sfârși prematur. Geologii și-au dat seama recent că anumiți vulcani uriași (supervulcani) ar putea erupe, din cauza rezervoarelor de magmă aflate sub o presiune enormă. Unul dintre aceștia a fost descoperit în Parcul NaționalYellowstone din Wyoming. Erupția oricăruia dintre acești vulcani ar putea duce la formarea unui nor de materie în atmosferă care ar înconjura planeta, un nor atât de dens și de persistent încât cele mai multe forme de viață animale și vegetale ar muri din cauză că lumina soarelui nu ar putea pătrunde prin el. Se crede acum că dispariția unor specii în trecut s-ar fi putut datora supervulcanilor.

▼ Gheață arctică

Suprafața gheții de la Polul Nord a scăzut în ultima vreme cu 9% în fiecare deceniu. Imaginea arată care era situația în 2004.

Încalzirea globala

Discutam aici despre shimbari care vor avea loc într-un timp foarte lung. Dar ce se întampla cu fluctuatiile minore ale energiei emise de Soare? În ultimul timp s-a vorbit foarte mult despre încalzirea globala, care este considerata un efect al propriilor noastre acțiuni; nu exista nicio îndoiala ca emisiile de dioxid de carbon, metan si alte gaze cunoscute ca gaze cu efect de sera influenteaza temperatura la nivelul solului, iar concentratia acestor gaze în atmosfera este acum mai mare ca niciodata.

În ultimii ani, ecologistii îngrijorati au dat alarma. Se fac încercari de a reduce emisiile folosind alte surse de energie, însa cel mai mare producator de gaze cu efect de sera, SUA, a refuzat sa limiteze cantitatea de gaze pe care o produce.

Totusi, trebuie sa spunem ca exista si sceptici. Nimeni nu se îndoieste ca planeta se încalzeste, dar oare noi suntem de vina? De exemplu, între 1645 si 1715, Soarele a fost „linistit": au existat putine pete solare si nu au existat aurore. În 1715, Edmund Halley nota ca vazuse pentru prima oara o pata solara mare. Coroana solara lipsea în timpul eclipselor totale de Soare si se pare ca ciclul obisnuit al Soarelui era suspendat din motive înca neclare. Aceasta a fost celebra perioada Maunder Minimum, numita astfel pentru ca a fost descoperita în secolul

◀ **Explozia de la Tunguska**
În iunie 1908 a explodat ceva deasupra râului Tunguska din Siberia. Martori oculari au declarat că au văzut o minge de foc. Explozia a fost auzită de la 960 km; pădurea a fost culcată la pământ pe o suprafață de 970 km^2; copacii au fost doborâți de unda de șoc pe o distanță de 48 km. Explozia a fost cauzată probabil de un meteorit cu diametrul de 49 m care a pătruns în atmosferă și s-a evaporat la 8 km deasupra solului.

Este posibil și un dezastru provocat de om. Acum avem capacitatea de a ne distruge și s-ar putea să nu fim destul de civilizați pentru a evita acest lucru. Totuși, orice s-ar întâmpla, soarta Pământului depinde de Soare. Lui îi datorăm existența și tot el va distruge planeta noastră.

Sfârșitul vieții pe Pământ

Soarele își consumă combustibilul nuclear, dar, în mod surprinzător, devine mai luminos. Acesta este un proces foarte lent – imperceptibil din punctul nostru de vedere. Pe măsură ce se consumă hidrogenul din centrul stelei, Soarele se contractă puțin, astfel încât presiunea asupra nucleului său și temperatura acestuia cresc. Viteza cu care au loc reacțiile depinde foarte mult de temperatura nucleului stelei, prin urmare combustibilul este consumat mai repede. Peste un miliard de ani, Soarele va străluci atât de puternic încât clima terestră va deveni toridă și greu de suportat; este foarte posibil ca locuitorii planetei să fie nevoiți să abandoneze complet regiunile ecuatoriale și să se înghesuie aproape de poli.

al XIX-lea de către E.W. Maunder, care a studiat documentele în care erau consemnate petele solare apărute într-o perioadă de 300 de ani.

Curios este că această perioadă pare să fi coincis cu o schimbare a climei, cel puțin în Europa, unde există arhive credibile. Perioada a fost numită „mica epocă glaciară", de exemplu, râul Tamisa a înghețat în fiecare iarnă din 1680 până în 1690 și s-au organizat festivaluri ale gheții. Când perioada Maunder Minimum a luat sfârșit, planeta s-a încălzit – și atunci nu existau emisii semnificative de gaze cu efect de seră. Mai mult, care avuseseră mai înainte efecte similare asupra Pământului.

Cosmologic, în evoluția pe termen lung a Soarelui și a Pământului aceste fluctuații sunt nesemnificative – ele au o importanță *crucială* doar pentru noi, oamenii, căci pentru noi o creștere foarte mică a temperaturii poate fi dezastruoasă.

Așadar, anumite schimbări în activitatea Soarelui pot avea un efect considerabil asupra climei terestre. Cu toate acestea, la sfârșitul secolului XX și începutul secolului XXI nu s-a observat nici o schimbare la fel de semnificativă în activitatea Soarelui care să

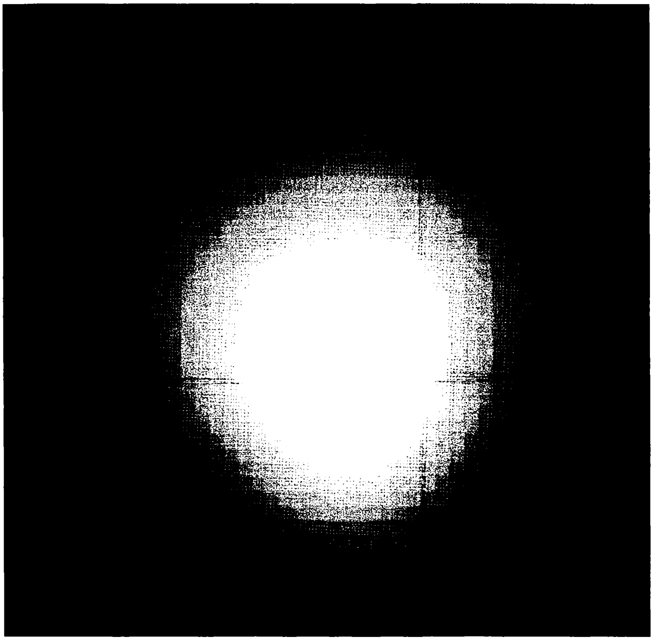
▶ Avanpostul cel mai îndepărtat

Pe Titan par să existe condiții similare celor de pe Pământ înainte de apariția vieții. De aceea, el este foarte interesant pentru oamenii de știință. Mulțumită succesului sondei *Huygens* din 2005, Titan este obiectul cosmic cel mai îndepărtat pe care a aterizat o navă spațială. *Huygens* a coborât prin atmosfera densă și a transmis imagini video în care se vede relieful muntos al lui Titan. Această fotografie a fost realizată din nava-mamă a sondei *Huygens*, *Cassini*, folosind un filtru cu ajutorul căruia s-a putut vedea prin nori.

Însă acesta nu va fi decât un refugiu temporar. Deșerturile se vor extinde pe măsură ce latitudinile mai joase vor deveni nelocuibile, iar terenurile agricole vor fi foarte puține. Mișcarea plăcilor tectonice continentale va fi schimbat de mult formele cunoscute ale continentelor. Calotele de gheață rămase se vor topi, provocând o creștere enormă a nivelului mării; o mare parte din uscatul rămas va fi inundat. Căldura necruțătoare va deveni tot mai puternică; peste trei miliarde de ani ea va atinge un nivel critic. Soarele va fi cu 40% mai strălucitor decât azi, astfel încât toată apa de pe suprafața Pământului se va evapora; oceanele vor dispărea, iar planeta noastră va deveni un loc foarte ostil.

Dacă omenirea va mai exista pe Pământ când schimbările mediului înconjurător vor începe să devină evidente, cum vor reacționa stră-strănepoții noștri? Începutul acestor schimbări va putea fi detectat și se va da alarma – dar pare puțin probabil ca o civilizație, fie ea și foarte avansată, să poată dirija Soarele. Se va ține o ședință a unei comisii, dar ce ar fi pe ordinea de zi? Ar fi posibilă mutarea Pământului la o distanță sigură, dar nu ar fi o soluție permanentă. Pământul ar putea fi scos din sistemul solar și s-ar putea crea cumva condiții de autonomie, pentru ca planeta noastră să poată supraviețui fără Soare. Dacă acest lucru s-ar dovedi prea dificil, omenirea s-ar putea gândi să migreze pe o altă planetă – în alt sistem solar – sau să construiască o stație spațială enormă pentru supraviețuitori.

Dacă nu se va putea face nimic, cu timpul Pământul va deveni, probabil, o masă de magmă topită, în fierbere. Nimic nu va fi cruțat; toate formele de viață vor fi distruse. Cam atât

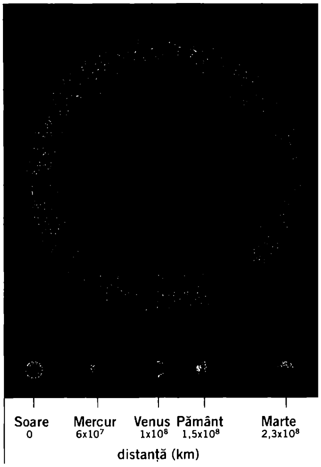


◀ **Betelgeux**

Această imagine a stelei Betelgeux este prima fotografie directă a suprafeței unei stele, alta decât Soarele. Suprafața acestei stele prezintă niște caracteristici neașteptate, cum ar fi pata fierbinte de sub centru.

▼ **Înghițite de Soare**

Soarele se va mări atât de mult încât Mercur și Venus vor fi mistuite. Gigantul roșu se va extinde dincolo de orbita actuală a Pământului, dar masa pierdută de el va face ca planeta noastră să se îndepărteze și să scape. Până atunci, viața va fi încetat de mult să existe. Diagrama de mai jos arată dimensiunea Soarelui ca uriașă roșie, față de dimensiunea actuală a sistemului solar interior.



despre Pământ. În restul sistemului solar, condițiile pot deveni temporar mai favorabile vieții. Marte se va încălzi foarte mult și calotele ei masive de gheață (compuse din dioxid de carbon și apă) vor începe să se topească. Se va forma o atmosferă și pentru câteva zeci de milioane de ani Marte va fi o planetă primitoare. Totuși, această situație nu poate dura mult, pentru că Marte este pur și simplu prea mică, și forța ei gravitațională este prea slabă pentru a reține mult timp atmosfera nou formată.

S-a sugerat că omenirea s-ar putea refugia pe Titan, cel mai mare satelit al lui Saturn, care are o atmosferă densă, bogată în azot. Din păcate, nu este așa. Titan are o viteză mică de înfrângere a gravitației și reține atmosferă numai pentru că este foarte rece; la o temperatură scăzută, moleculele de gaz se mișcă lent. Dacă temperatura va fi crescută cu numai câteva grade, toată atmosfera lui Titan se va risipi.

În următorii cinci sute de milioane de ani Soarele va ajunge la o dimensiune de două ori mai mare decât cea pe care o are în prezent și, deși temperatura de la suprafața lui va scădea, luminozitatea se va dubla. Orbita Pământului va fi de asemenea afectată. Vântul stelar al Soarelui va deveni tot mai puternic, și Soarele va începe să piardă masă pe măsură ce se transformă într-o uriașă roșie. Această pierdere de masă înseamnă că forța gravitațională a Soarelui va scădea, și planetele vor începe să se îndepărteze de el; Pământul va ajunge la o distanță de aproximativ 200 de milioane km – nici pe departe suficientă pentru a scăpa de căldura arzătoare a Soarelui.

▲ Nebuloasa Păianjenul Roșu (NGC 6532)

Reteaua încâlcită a acestei nebuloase planetare este produsă de o stea asemănătoare Soarelui care emite gaze si devine o pitică albă. În acest caz, pitica albă este una dintre cele mai fierbinți observate vreodată.

▶▶ Nebuloasa Inelul (M57)

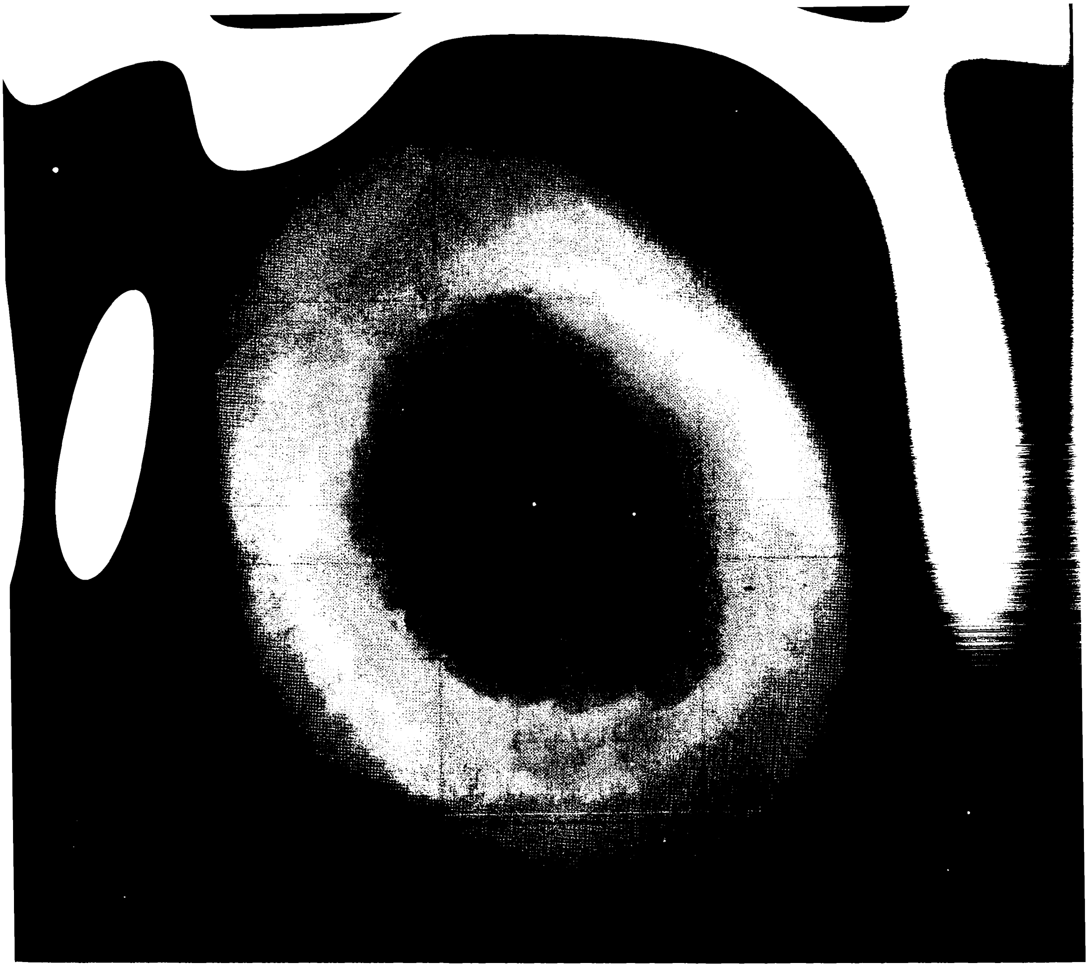
Această bine cunoscută nebuloasă planetară seamănă cu un inel de fum care înconjoară rămășițele exploziei unei stele îmbătrânite. Dacă am putea să o vedem tridimensional, ne-am uita direct printr-un tub, de-a lungul axei acestuia.

Soarele în stadiul de uriașă roșie

Peste aproximativ cinci miliarde de ani, „arderea" hidrogenului în nucleul Soarelui va înceta; nu va mai exista hidrogen – acesta se va fi transformat în heliu prin procesul de fuziune nucleară. Deodată, nucleul nu va mai fi susținut de presiunea radiațiilor emise de reacțiile nucleare. Colapsul gravitațional nu poate fi împiedicat; materia dinspre exterior se va prăbuși în interior, comprimând nucleul și făcându-l să se încălzească. Până la acest moment, nucleii de heliu nu putuseră să participe la reacțiile nucleare, însă, în câteva secunde, temperatura va crește suficient de mult pentru ca fuziunea să se producă la un alt nivel. Nucleii de heliu se vor combina formând beriliu și litiu – o reacție mult mai eficientă; Soarele se va mări atât de mult încât va înghiți planetele Mercur și Venus, iar radiațiile emise de el vor fi de 2 000 de ori mai puternice decât acum. Soarele va deveni o uriașă roșie.

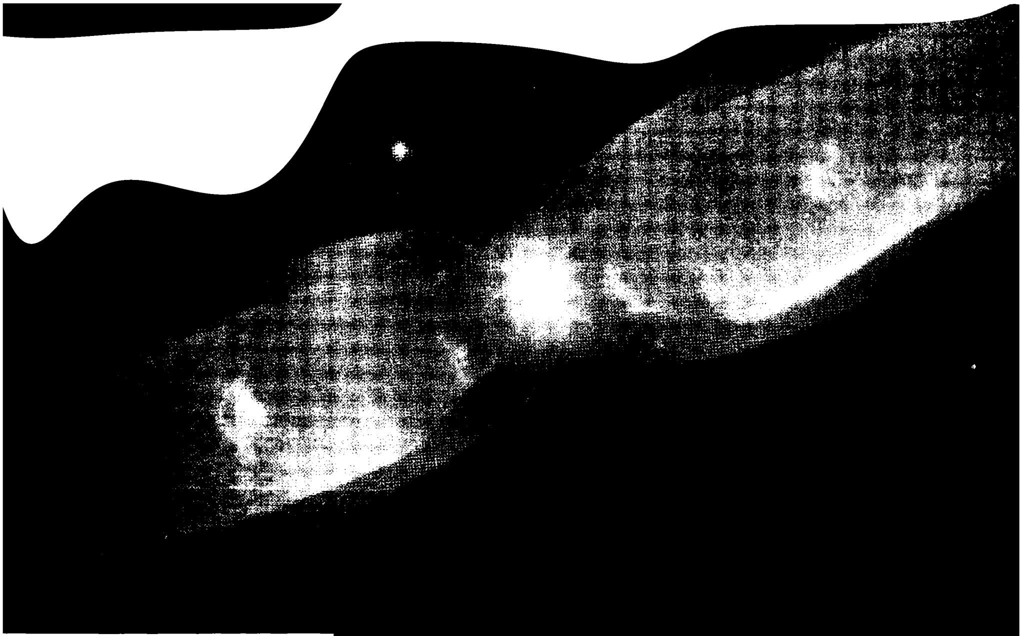
Viitorul Lunii

Luna va rămâne satelit al Pământului – nu există nici un motiv să presupunem contrariul – dar orbita ei se va modifica. În prezent, Luna se îndepărtează de Pământ cu aproximativ 4 cm pe an, datorită efectelor produse de maree. Esențial este momentul unghiular (sau cinetic). Momentul unghiular al unui corp în mișcare se obține prin înmulțirea masei acestuia cu pătratul distanței față de centrul de mișcare și cu viteza de mișcare pe orbită – adică viteza de rotație axială. După cum am văzut, perioada de rotație axială a Lunii este egală cu perioada ei orbitală (27,3 zile); de aceea, vedem mereu aceeași față a Lunii (toți sateliții mari din sistemul solar se compo la fel față de planetele în jurul cărora se rotesc). Momentul unghiular nu poate fi distrus niciodată; poate fi doar transferat. Dacă viteza de rotație axial scade, așa cum s-a întâmplat la început în sistemu Pământ–Lună, trebuie să crească altceva, iar aces „altceva" este distanța dintre cele două corpuri. Situația este oarecum comparabilă cu aceea a une



patinatoare în mijlocul rotației. Când coboară mâinile pe lângă corp, momentul unghiular trebuie să se conserve și de aceea ea se mișcă mai repede.

Nici acum procesul nu este încheiat, deoarece rotația Pământului este încă frânată de atracția gravitațională a Lunii și fiecare zi este cu 0,00000002 secunde mai lungă decât precedenta, deși există și fluctuații neregulate fără legătură cu Luna. Acestea sunt responsabile pentru secundele intercalate din când în cînd, care sunt adăugate sau scăzute din timpul oficial. Totuși, Luna nu poate continua să se îndepărteze la infinit. Dacă ar ajunge la o distanță de 560 000 km, ar începe să se apropie din nou, datorită efectelor mareelor produse de Soare: perioada ei orbitală și perioada de rotație axială a Pământului ar fi atunci egale și ar fi de 47 de ori mai lungi decât ziua actuală. Dacă planeta noastră supraviețuiește fazei în care Soarele devine o uriașă roșie, acest lucru chiar s-ar putea întâmpla, desigur mult după ce viața va fi dispărut de pe Pământ.

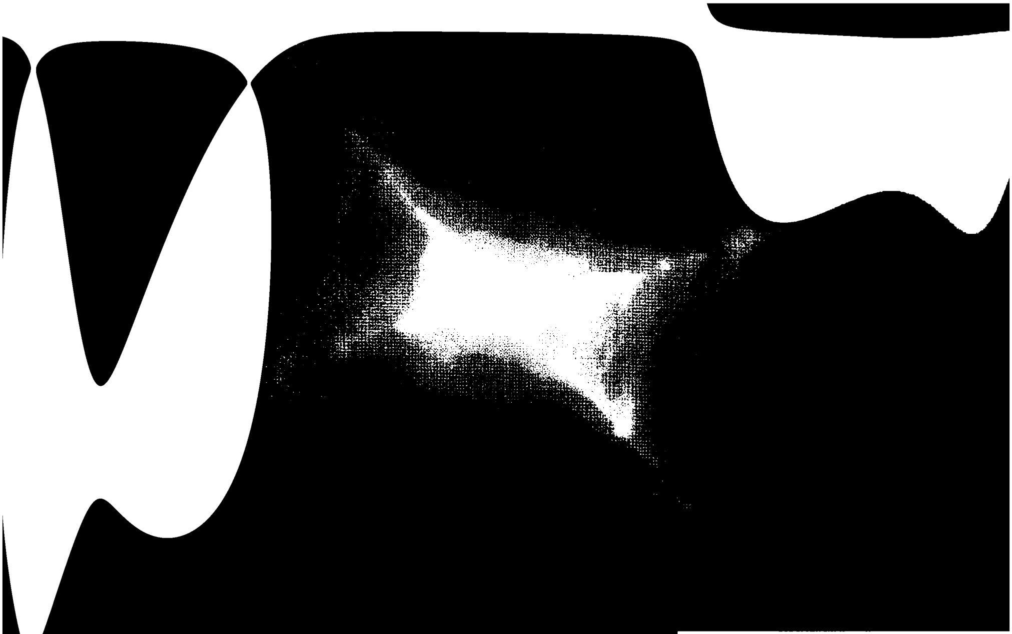


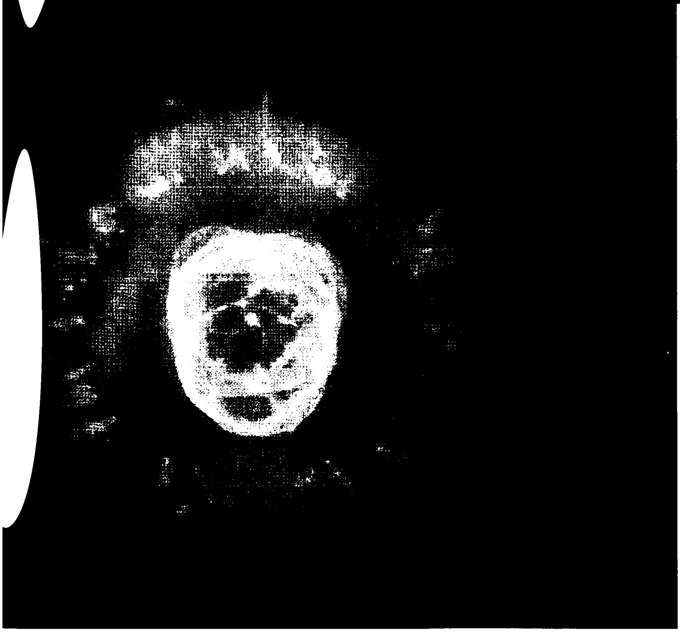
▲ Nebuloasa Fluturele (M2-9)

Dacă această nebuloasă este văzută tăiată în jumătate, ea este cunoscută și sub numele de „Nebuloasa Bireactorul", un nume foarte potrivit având în vedere că viteza gazului este de 320 km/s!

▶ Nebuloasa Oul Stricat (OH231)

Această imagine, în care vedem cum se formează o nebuloasă planetară, ne permite să întrezărim care va fi soarta Soarelui din sistemul nostru solar. Gazul care țâșnește cu o viteză de milioane de kilometri pe oră izbește gazul înconjurător – se formează un front de șoc supersonic unde gazul devine albastru. În următorii 1 000 de ani, această nebuloasă ar trebui să devină o nebuloasă planetară bipolară precum cea de mai sus. De ce se numește Oul Stricat? Pentru că a fost detectată o mare cantitate de sulf, iar ouăle stricate miros a sulf.





▲ Dreptunghiul Roșu (AFGL915)

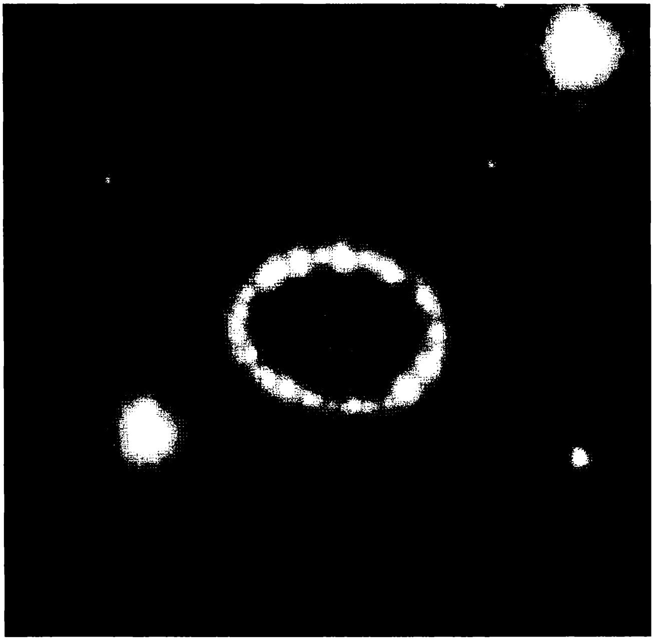
Structurile din această nebuloasă planetară, asemănătoare unor scări, ar putea fi materie expulzată de stea sub forma unor conuri pe care le vedem exact din margine.

◀ Nebuloasa Eschimosul (NGC 2392)

Această mică nebuloasă planetară prezintă structuri complexe de gaz și de praf, care nu au fost încă explicate pe deplin. Se presupune că arată ca o față în gluga unei haine de blană (care se vede mai bine prin telescoapele de mărime medie decât în această imagine splendidă).

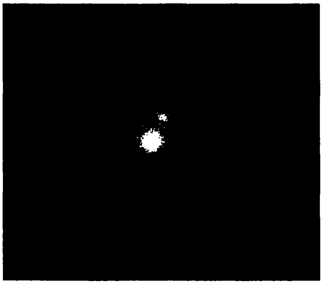
▶ O supernovă anormală?

Când supernova 1987a a explodat, în centrul inelului care se extinde ar fi trebuit să rămână, potrivit teoriei explicate în acest capitol, o stea cu neutroni sau o gaură neagră, însă până acum nu au fost descoperite dovezi care să ateste existența vreuneia dintre ele.



▼ O pitică albă strălucitoare

Cunoscută și sub numele de Steaua Câinelui, Sirius este steaua cea mai strălucitoare de pe cerul de nord. Cu ajutorul telescoapelor se vede că este formată, de fapt, din două stele. Privite printr-un telescop optic, steaua cea mai luminoasă este Sirius A, în timp ce Sirius B, o pitică albă, strălucește de 10 000 de ori mai slab. Pe de altă parte, când sunt văzute cu ajutorul razelor X, ca în imaginea de mai jos, situația se inversează și pitica albă este cea care emite cel mai puternic.



Într-o anumită etapă a evoluției sale, după ce s-a transformat într-o uriașă roșie, îmbătrânind, Soarele va deveni din ce în ce mai instabil. Învelișul lui exterior va fi aruncat la distanță de steaua principală de o serie de pulsații violente, formând o nebuloasă planetară. Trebuie să menționăm că o nebuloasă planetară nu are nici o legătură cu planetele, ci este doar învelișul exterior al unei stele aflate într-o etapă avansată a evolutiei sale, pe care aceasta îl aruncă. Nebuloasele planetare sunt fluturii Universului. Ele au multe forme frumoase și variate, dar trăiesc numai câteva zeci de mii de ani. Cel mai cunoscut dintre aceste obiecte cosmice, Nebuloasa Inelul din constelația Lyra, este ușor de localizat chiar și cu un telescop mic, pentru că se află la jumătatea distanței dintre două stele vizibile cu ochiul liber, β (beta) Lyra și γ (gamma) Lyra, aproape de strălucitoarea Vega; poate fi văzută și cu un binoclu de putere medie. Printr-un telescop arată ca un cauciuc de bicicletă care strălucește slab. M57 pare simetrică, dar alte nebuloase planetare au forme extraordinar de diverse, care depind de procesele exacte prin care materia este aruncată din steaua centrală; se pare că forma cea mai obișnuită este cea de clepsidră, în care cea mai mare parte a materiei este expulzată de-a lungul axelor câmpului magnetic al stelei. Conform acestui model, nebuloasa planetară arată fie ca o clepsidră, fie ca un inel, în funcție de unghiul din care o privim. Această imagine pare corectă la scara cea mai largă, dar multe detalii sunt greu de explicat. Nebuloasele planetare sunt printre cele mai interesante zone ale Universului din punct de vedere chimic, multe molecule fiind produse de reacțiile declanșate de lumina emisă de steaua centrală în primele faze ale formării nebuloasei.

Soarele epuizat devine o pitică albă

În ce privește steaua centrală, odată ce combustibilul se va epuiza, nu va mai exista nimic care să o împiedice să se prăbușească sub efectul propriei gravitații, iar acest colaps gravitațional se va produce rapid. Până la urmă, densitatea va creste atât de mult încât o nouă forță de rezistență, presiunea de degenerare, va începe să acționeze împotriva gravitației. Presiunea de degenerare este o consecință a principiului excluziunii, o axiomă fundamentală a teoriei mecanicii cuantice potrivit căreia două particule nu pot fi niciodată în aceeași stare – adică dacă două particule cu sarcină, masă și energie identice se vor apropia prea mult una de alta, ele vor începe să se respingă. Steaua se va contracta până când presiunea de degenerare va deveni egală cu zdrobitoarea forță gravitațională și în acel moment colapsul se va opri. Noua stare stabilă este un nucleu incredibil de dens, nu mai mare decât Pământul, cunoscut sub numele de pitică albă. O singură linguriță de materie dintr-o pitică albă ar cântări câteva tone. Până atunci, Pământul se va fi îndepărtat la o distanță de 270 de milioane km de rămășița palidă a Soarelui epuizat.

Ce urmează? Răspunsul este, probabil, „foarte puțin". Pitica albă e secătuită; nu mai are rezerve de energie și tot ce poate face este să strălucească foarte slab pe măsură ce se răcește, până când ajunge să aibă temperatura mediului ambiant. Transformarea ei într-o pitică neagră, rece și inertă durează neînchipuit de mult – de fapt, este posibil ca Universul să nu existe de suficient de mult timp pentru a se fi format pitice negre. Se pare că Soarele nostru va sfârși ca o stea mică, stinsă, în jurul căreia se vor învârti încă fantomele planetelor rămase.

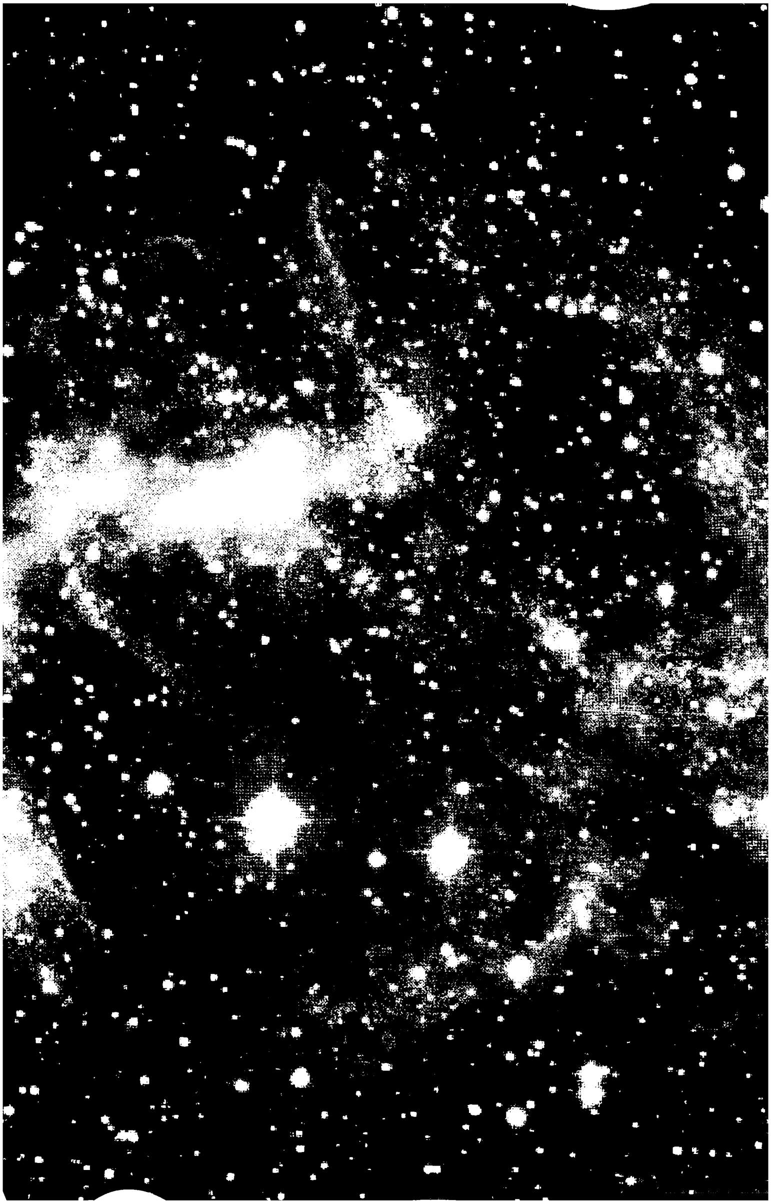
Stele cu neutroni și găuri negre

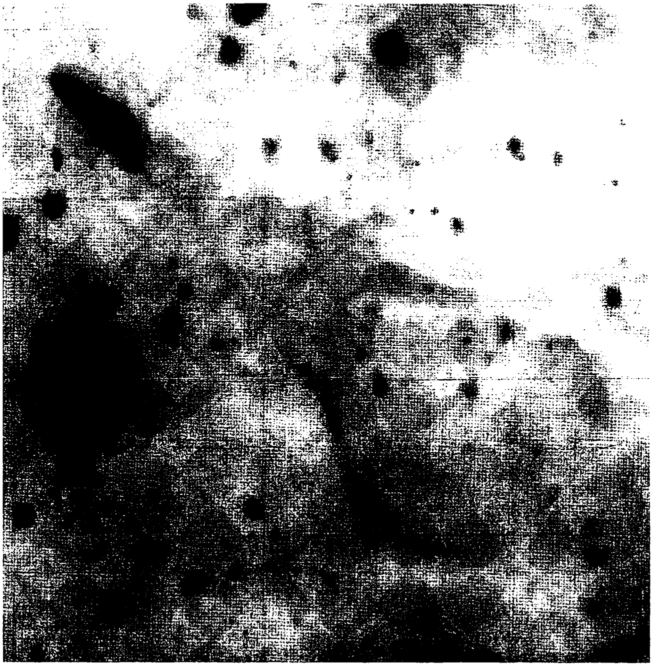
Stelele mai mari au altă soartă. Mai ales atunci când steaua este atât de mare încât nucleul care formează o pitică albă are o masă mai mare decât așa-numita masă Chandrasekhar, de 1,4 ori mai mare decât masa Soarelui, nici măcar efectul cuantic al presiunii de degenerare nu este suficient pentru a opri colapsul. În schimb, presiunea este atât de mare încât protonii și electronii izolați nu supraviețuiesc. Forțați să se combine, ei formează neutroni, și rezultă o stea cu neutroni, având o densitate mult mai mare chiar și decât a unei pitice albe – un volum de materie cât un cub de zahăr ar cântări cât toată umanitatea! Stelele cu neutroni sunt extrem de mici, având un diametru de maximum 24 km, dar au, în medie, o masă de 1,5 ori mai mare decât a Soarelui. Dacă ați putea sta pe suprafața unei stele cu neutroni, greutatea dumneavoastră ar fi de ordinul a 10 miliarde de tone. Steaua cu neutroni este forma cea mai obișnuită a rămășițelor de supernove, care apar ca niște obiecte misterioase numite pulsari.

În cazul supernovelor care implică stele foarte mari, contractarea rapidă a miezului nu se oprește odată cu formarea unei stele cu neutroni. După ce toate rezervele nucleare au fost epuizate, începe colapsul gravitațional, care este atât de dezastruos încât nimic nu-l poate opri. Steaua gigantică continuă să se contracte și să devină tot mai densă, trecând prin stadiul de stea cu neutroni. În același timp, viteza de învingere a gravitației crește. Orice stea cu masa de maximum opt ori mai mare decât a Soarelui își va încheia existența fie ca o pitică albă, fie ca o stea cu neutroni. Dacă steaua are o masă mai mare, colapsul este de neoprit și se formează o gaură neagră.

Pulsarii

Pulsarii sunt stele cu neutroni care se rotesc foarte repede și pe care le vedem ca pe niște surse pulsante de unde radio, ce emit mai multe impulsuri pe secundă. Am vorbit despre rolul momentului unghiular în formarea planetelor; acesta este important și în cazul





◀ **Nebuloasa Chitara (WNJ2225)**

O stea cu neutroni care călătorește prin spațiu cu o viteză de aproximativ 1 600 km/s a creat în urma ei această extraordinară chitară cosmică în mediul interstelar.

pulsarilor. Când materia din care este compusă steaua se prăbușește pentru a forma o stea cu neutroni, momentul unghiular se prăbușește și el, și steaua cu neutroni se învârtește din ce în ce mai repede. Odată ce colapsul se încheie, pulsarul se va roti cu o viteză aproximativ constantă. În prezent sunt cunoscuți mulți pulsari care se învârt de mii de ori pe secundă. Majoritatea sunt tineri; în timp, viteza de rotație a stelelor cu neutroni scade treptat.

Care este cauza impulsurilor? Emisia provenind din materia din jurul stelei cu neutroni este canalizată în fascicule înguste aproape de polii obiectului cosmic. Când steaua se rotește, aceste fascicule strălucesc deasupra Pământului așa cum raza de lumină a unui far trece o clipă pe deasupra unei nave aflate pe mare sau pe deasupra observatorului de la țărm. Când fasciculul este îndreptat spre noi, detectăm prin telescoape un impuls.

Pulsarii sunt cele mai exacte ceasuri din Univers; există mici inexactități datorate unor procese nu prea bine înțelese care au loc în interiorul stelei, dar în afară de aceste evenimente rare și de încetinirea pe termen lung, ei arată mereu „ora" exactă. De aceea, sunt niște laboratoare unice pentru astronomi. Există îndeosebi un sistem rar numit pulsar dublu. S-a spus că există planete care se rotesc în jurul pulsarilor, sugerându-se că acestea ar fi răspunzătoare pentru micile schimbări care apar în ritmicitatea impulsurilor, însă este greu de imaginat cum ar fi putut supraviețui planetele exploziei care a însoțit formarea pulsarului.

◀◀ **O nebuloasă în formă de butoi**

Această minunată rămășiță a unei supernove din Calea Lactee are un secret care este dezvăluit de analiza cu raze X, ca în imaginea alăturată în culori false. Fâșia albastră strălucitoare poate fi formată din resturile unei explozii de raze gamma, una dintre exploziile de energie cele mai puternice din Univers.

▶▶ Antenele (NGC 4038 și 4039)

Centrele acestor două galaxii care se ciocnesc sunt cele două pete portocalii, iar între ele se întinde o fâșie lată de praf haotic. Au fost numite astfel datorită asemănării lor cu antenele unei insecte, însă asemănarea este mai puțin evidentă în această minunată imagine transmisă de telescopul spațial Hubble decât dacă am folosi un instrument mai puțin sofisticat amplasat la sol. În cele din urmă, cele două galaxii își vor încheia dansul cosmic si vor fuziona, dar deocamdată amândouă strălucesc foarte puternic, datorită unei intensificări a procesului de formare de noi stele, provocată de coliziune

▼ Arp 299

Această pereche de galaxii care se ciocnesc este poate zona cea mai bună unde putem căuta explozii ale unor supernove. Într-un roi de stele urias din Arp 299 procesul de formare a unor noi stele a atins nivelul maxim în urmă cu 6–8 milioane de ani, multe stele încheindu-și acum existența prin explozii de supernove. Din 1990 până în prezent au fostobservate patru supernove!

Până acum am vorbit despre evoluția nucleului stelei, dar în exterior se întâmplă ceva și mai dramatic. Când colapsul gravitațional se oprește brusc, învelișul exterior ricoșează eliberând o cantitate enormă de energie. Steaua a devenit o supernovă.

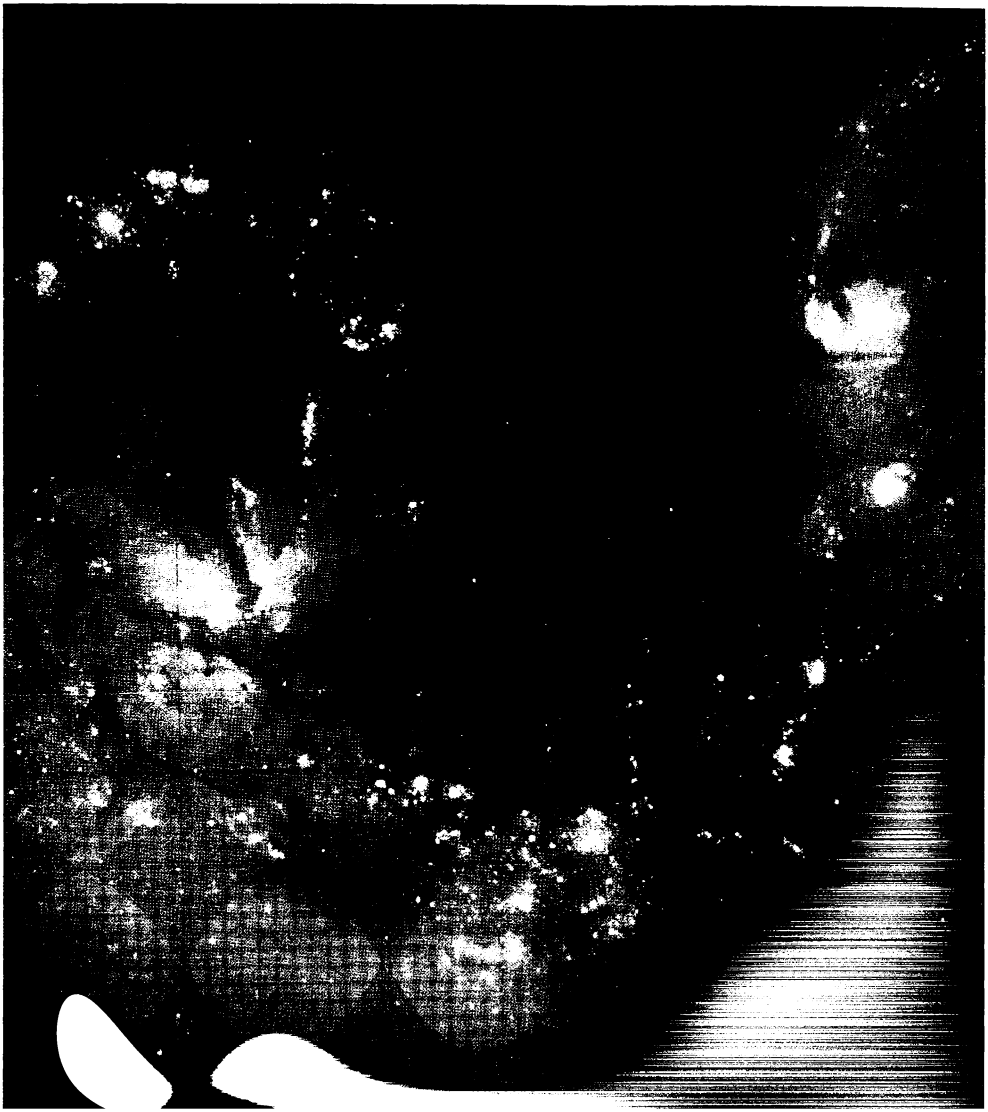
Ciocnirea sistemelor stelare

La fel cum Soarele nostru îmbătrânește, și alte stele din Univers vor muri și se vor forma unele noi. De asemenea, galaxiile se dezvoltă și se mișcă. Grupul nostru local de galaxii conține doar trei sisteme mari de stele: galaxia spirală Andromeda, galaxia spirală Triangulum și cea în care ne aflăm, Calea Lactee. Dintre acestea, Andromeda este cea mai mare, și Triangulum cea mai mică. Aflată la o distanță cuprinsă între două și trei milioane de ani-lumină, Andromeda este galaxia cea mai apropiată și, datorită atracției gravitaționale dintre ea și propria noastră galaxie, se apropie de noi cu o viteză de 300 km/s. Prin urmare, peste trei miliarde de ani în această parte a Universului se va întâmpla ceva foarte spectaculos: două galaxii mari se vor ciocni.

Dacă o galaxie mică se ciocnește cu una mult mai mare, ea este absorbită și își pierde identitatea proprie; va fi dezmembrată de forțele mareelor; stelele vor fi efectiv smulse din ea de fiecare dată când va trece pe lângă galaxia mai mare. Situația este foarte diferită când se ciocnesc două galaxii mari.

Să spunem acum că, deși vorbim despre coliziuni între galaxii, nu vrem să spunem că stelele s-ar putea ciocni una de alta. Spațiul dintre ele – amintiți-vă că Soarele se află la mai mult de patru ani-lumină de vecina lui cea mai apropiată, Proxima Centauri – este prea mare și coliziunile stelare vor rămâne extrem de rare, chiar și în mediul haotic creat prin fuziunea a două galaxii.

Coliziunea va dura mai multe miliarde de ani. Dacă simulările pe computer sunt corecte, Andromeda va trece mai întâi pe lângă galaxia noastră, iar eventualii observatori vor vedea cum mica pată de lumină devine din ce în ce mai mare până când va ajunge să domine cerul nopții, când vor începe interacțiunile principale. Undele de șoc care rezultă în urma ciocnirii rezervelor de gaz din cele două galaxii provoacă formarea multor mii de noi stele, multe grupate în roiuri strălucitoare dominate de stelele albastre, fierbinți. Formarea



▲ **Șoarecii (NGC 4676)**

La o distanță de trei sute de milioane de ani-lumină, în constelația Coma Berenices, cele două galaxii care intră în coliziune, cunoscute sub numele de Șoarecii, vor sfârși prin a fuziona formând o singură galaxie gigantică. Ele sunt mai aproape de a realiza această fuziune decât Antenele si sunt descrise ca un singur sistem în *New General Catalogue (NGC).*

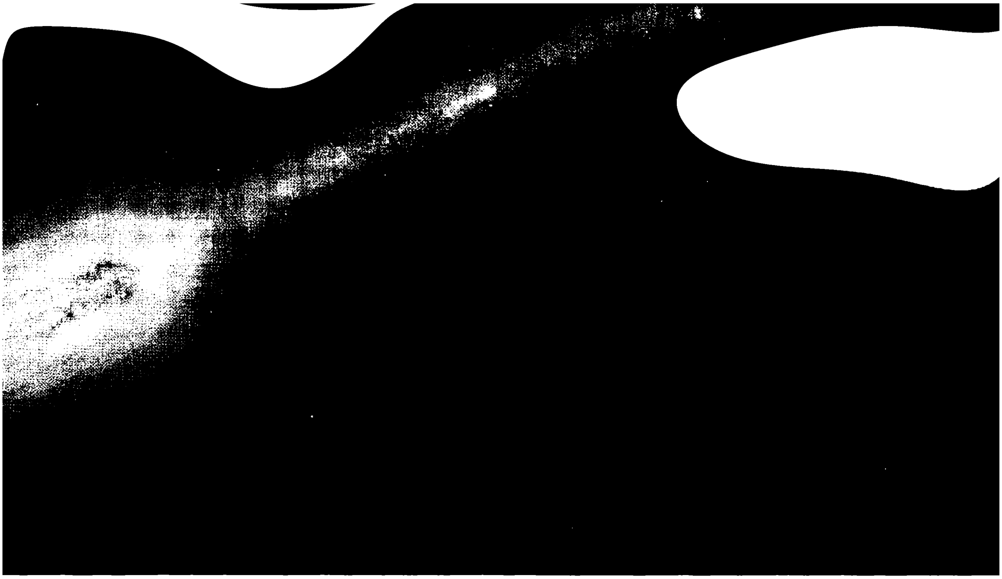
multor stele masive și, deci, efemere înseamnă că supernovele vor fi frecvente, iar undele de șoc produse de exploziile lor vor duce la formarea și mai multor stele. Cerul se va umple de nori de praf și gaz incandescent. După ce trece pe lângă galaxia noastră, va dura probabil 100 de milioane de ani pentru ca resturile galaxiei Andromeda să se întoarcă cu 180° și să plonjeze năvalnic în mijlocul a ceea ce a fost odată Calea Lactee. O mare parte a materiei va fi lăsată în urmă formând fascicule lungi și luminoase, dar în timp și acestea vor ajunge în centru și se pare că se va forma o mare galaxie eliptică. În cele din urmă, gaura neagră din centrul galaxiei noastre poate fuziona cu cea care se află, aproape sigur, în mijlocul galaxiei Andromeda.

Se consideră că, dacă s-ar ciocni două găuri negre, ele ar forma o singură gaură neagră, mai masivă. Ar fi emise radiații intense și un anumit tip de unde – unde gravitaționale.

Undele gravitaționale

Undele gravitaționale sunt prevăzute de teoria relativității a lui Einstein și pot fi considerate un fel de valuri ale spațiului însuși. Ele sunt produse în cantități semnificative numai de evenimentele în urma cărora sunt eliberate cantitățile cele mai mari de energie. Totuși, chiar și atunci efectul este, probabil, mic și până acum nu au fost detectate unde gravitaționale. Pentru a detecta acest efect sub forma unor ondulații ale spațiului din jurul nostru este nevoie de o precizie extraordinară – echivalentă cu măsurarea lungimii unei bare de 1,5 km cu o precizie de până la o mărime mai mică decât a unui singur nucleu atomic. Cea mai bună șansă este poate folosirea sateliților și se pregătesc mai multe proiecte în acest sens. Detectarea undelor gravitaționale ne-ar permite să cercetăm o cu totul altă gamă de situații și obiecte cosmice, inclusiv unele dintre fenomenele cele mai rare din Univers.

Există o dovadă convingătoare în favoarea existenței undelor gravitaționale, sub forma unui sistem unic printre cele cunoscute, numit dublu pulsar, în care două stele cu neutroni



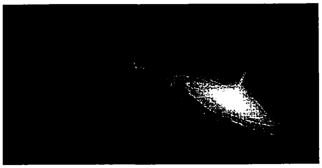
compacte se rotesc una în jurul celeilalte. Deoarece aceste obiecte cosmice remarcabile emit impulsuri de energie extrem de regulate care pot fi văzute de la distanțe enorme, putem să le calculăm perioadele orbitale cu mare precizie. Astronomii au descoperit că acești doi pulsari se apropie în spirală unul de altul, ceea ce înseamnă că se pierde energie din sistem; cantitatea de energie care se pierde corespunde destul de bine energiei care, potrivit teoriei, se transformă în unde gravitaționale – dar, până când nu vom detecta undele însele, nu putem fi siguri că avem răspunsul.

Sfârșitul?

Orice s-ar întâmpla cu găurile negre din centrele galaxiilor, la momentul respectiv Pământul va fi încetat de mult să fie o planetă locuibilă, iar Soarele se va apropia de ultima parte a existenței sale ca stea strălucitoare; ba chiar ar putea să fi devenit o pitică albă.

O mare parte din energia eliberată va fi periculoasă, ca de exemplu razele X, și toate planetele unde ar exista viață vor fi inundate de radiații cu energie mare care vor perturba procesele metabolice și vor afecta țesuturile vii. Aceste radiații pot fi suficiente pentru a nimici chiar și cele mai avansate civilizații. Cel puțin putem fi siguri că până la urmă activitatea va scădea în intensitate și galaxia nou formată se va stabiliza. Până atunci majoritatea gazului se va fi consumat în focurile de artificii de după coliziune și viteza cu care se formau noi stele va fi atins de asemenea nivelul maxim. Poate că rezultatul final va fi un sistem calm și stabil, dar lipsit de viață.

În cinci miliarde de ani, aceste procese diverse vor continua – stele vor continua să apară și să se stingă, vor exista alte supernove și coliziuni între galaxii. Cea mai importantă schimbare pe termen lung va fi creșterea distanțelor dintre roiurile de galaxii. Ne îndreptăm încet, dar inevitabil, către amurgul îndelungat al Universului.



▲ **Cimitirul Universului**

Peste 10^{20} ani, Universul care s-a extins enorm va fi format din găuri negre imense (dreapta), fragmente de stele și de planete.

Care este soarta finală a Universului? Răspunsul depinde de cât de puternici vor fi cei doi jucători care se luptă în „finalul partidei" – gravitația și forța care provoacă accelerarea Universului (numită „constanta cosmologică").

Să analizăm viitorul în care gravitația învinge. Extinderea s-ar opri și apoi s-ar inversa. În loc să vedem galaxii care se îndepărtează de noi și ale căror spectre se deplasează către roșu, am vedea deplasări către albastru pe măsură ce galaxiile s-ar apropia de noi. Temperatura Universului ar crește, și ciocnirile dintre roiurile de galaxii ar deveni din ce în ce mai frecvente. Cerul ar deveni strălucitor și întreg Universul ar sfârși într-un „Big Crunch", un fel de Big Bang inversat. Ce se va întâmpla după aceea? Poate că Universul ar putea să se extindă din nou, astfel încât Big Crunchul Universului nostru să devină Big Bangul Universului următor și așa mai departe, la infinit. Această reciclare cosmică ne permite să evităm obligația de a presupune existența unui moment al creației când a început timpul – ceea ce este oarecum reconfortant.

Din păcate, teoriile actuale sugerează că Big Crunch nu va avea loc niciodată, fiindcă există prea puțină materie în Univers (chiar incluzând și materia neagră) pentru a inversa extinderea. Gravitația nu este destul de puternică. Prezența celui de-al doilea jucător, constanta cosmologică, nu face decât să înrăutățească situația și se pare că Universul va continua să se extindă la infinit cu o viteză crescândă. Cum ce urmează depinde de valoarea constantei cosmologice, este momentul să ne întrebăm dacă aceasta este într-adevăr o constantă. Deocamdată nu avem dovezile pentru a stabili dacă este sau nu. Tot ceea ce știm concordă cu teoria că această forță are o valoare constantă, deci să presupunem că este și să vedem ce se întâmplă.

Extinderea la infinit

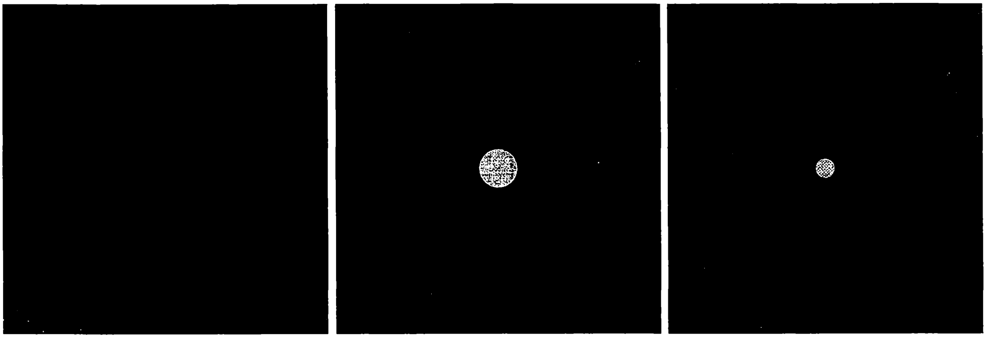
Mult timp după ce Soarele nostru s-a răcit și s-a stins, stelele vor continua să strălucească, în timp ce distanțele dintre roiurile de galaxii vor continua să se mărească. Se crede că, pe distanțele relativ scurte dintre membrele acestor roiuri, gravitația va rămâne dominantă și va fi destul de puternică pentru a le menține laolaltă. Dar pe distanțele enorme dintre grupuri forța cosmologică de respingere produce un abis din ce în ce mai mare. Orice galaxie va părea foarte puțin luminoasă unor observatori care ar privi-o din altă galaxie și vor apărea schimbări chiar în interiorul roiurilor. Cu trecerea timpului, stelele strălucitoare vor exploda lăsând în urmă niște palide rămășițe, iar numărul găurilor negre va crește. Deoarece va exista din ce în ce mai puțină materie din care să se formeze noi stele, Universul se va scufunda în întuneric, la început treptat, apoi tot mai repede.

Poate peste 10^{13} ani, stelele vor fi încetat să radieze energie; nu vor mai exista rezerve nucleare. Efectele gravitaționale vor continua să acționeze și vor exista multe apropieri între stelele pitice negre. O stea care se mișcă în jurul centrului unei galaxii va pierde energie radiind unde gravitaționale și va migra încet către centrul galactic. La fel și alte stele, rezultatul fiind formarea unor găuri negre supermasive. Este posibil ca aceleași principii fundamentale să se aplice membrelor unui fost roi de galaxii uriaș, precum acela care include acum Grupul Local și roiul Virgo, unde materia se adună în centru.

Peste aproximativ 10^{20} ani, un timp de zece miliarde de ori mai lung decât vârsta actuală a Universului, acesta va arăta lugubru; stele moarte, fantome ale unor planete, enorme găuri negre, particule elementare și fotoni împrăștiați. Tot spațiul va avea o dimensiune care depășește puterea noastră de înțelegere; distanța dintre găurile negre va fi de cel puțin o sută de ori mai mare decât dimensiunea actuală a Universului observabil. Nicăieri nu va mai exista viață. Universul nu va fi încă mort, ci va agoniza.

▶▶ **O gaură neagră supermasivă (NGC 1097)**

Această imagine arată în detaliu procesul de canalizare prin care materia este înghițită de gaura neagră supermasivă din centrul spiralei. Se observă mai mult de 300 de regiuni în care se formează stele, sub forma unor pete albe de-a lungul inelului de praf și gaz.



▲ **Moartea unei găuri negre**

Mai sus este reprezentată contractarea unei găuri negre prin emisie de radiație Hawking. Se crede că până la urmă toate găurile negre vor sfârsi printr-o explozie de radiații. Pe măsură ce gaura neagră se contractă, radiația pe care o emite se deplasează treptat spre capătul albastru al spectrului.

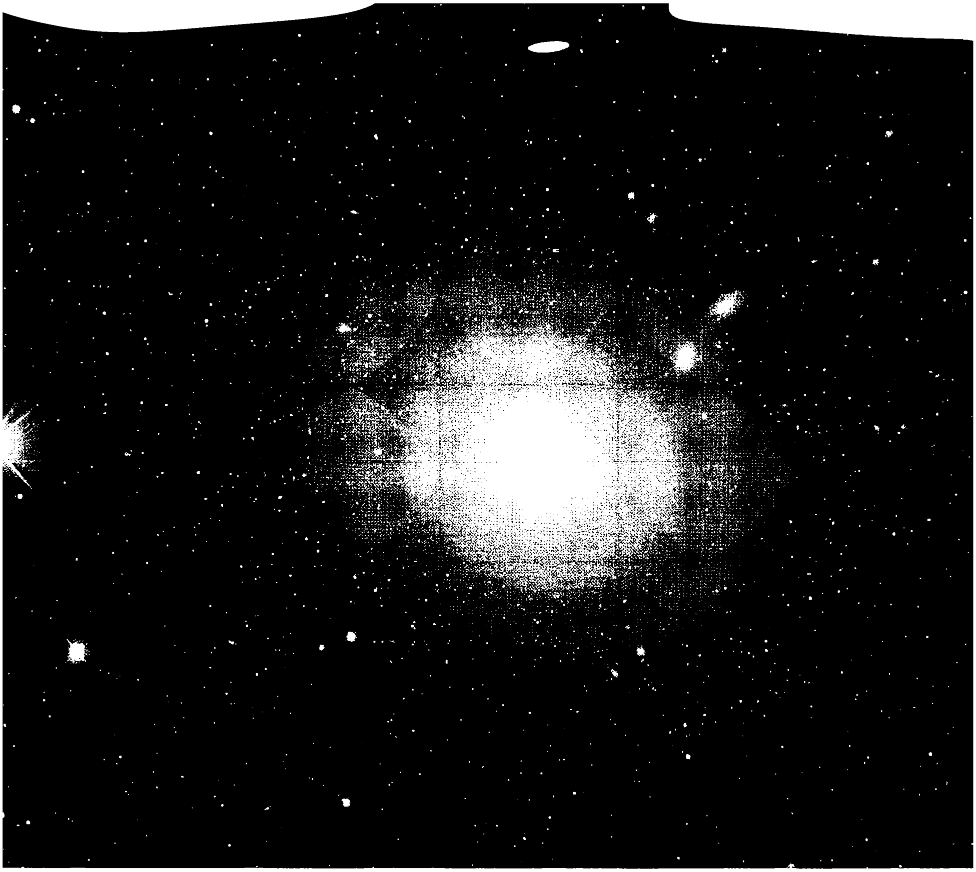
Nimic nu este veşnic

Este posibil ca nici măcar găurile negre să nu fie permanente. Am amintit că se consideră că vidul din orice volum de spațiu este plin de așa-numite particule virtuale, care au o durată de viață atât de scurtă încât, de obicei, nu se pot transforma în materie obișnuită. Aceste particule apar în perechi și sunt identice în toate privințele cu excepția faptului că transportă sarcini opuse. Particulele care formează o pereche se anihilează rapid reciproc.

Totuși, să presupunem că o particulă și o antiparticulă apar lângă orizontul de evenimente al unei găuri negre, în afara lui. Amintiți-vă că orizontul de evenimente delimitează regiunea de unde nimic nu poate ieși. Înainte ca particulele din pereche să se poată anihila reciproc, așa cum s-ar întâmpla în mod normal, una dintre ele poate fi absorbită dincolo de orizontul de evenimente, pe când cealaltă este aruncată în direcția opusă. Pentru un observator din afara găurii negre, acest lucru înseamnă că gaura neagră a emis o particulă din orizontul de evenimente și, deci, că masa ei scade de fapt cu o cantitate egală cu masa particulei emise; raza orizontului de evenimente se micșorează de asemenea. Aceasta se poate întâmpla de mai multe ori. Gaura neagră devine din ce în ce mai mică în timp ce emite un tip de radiație numită radiație Hawking și în cele din urmă se evaporă printr-o explozie finală de radiații.

Urmează punctul culminant: dezintegrarea protonilor. Se consideră că un proton este compus din particule numite quarcuri, dar acesta s-ar putea dezintegra până la urmă în particule mai ușoare plus radiații. S-ar putea descompune mai întâi într-un pozitron (un antielectron) și o particulă numită mezon pi, care este atât de instabilă încât s-ar descompune imediat în fotoni. Se estimează că durata medie de viață a unui proton este de ordinul a cel puțin 10^{31} ani, astfel încât nu este surprinzător faptul că nu au fost descoperiți încă protoni care s-au dezintegrat – Universul există numai de 10^{10} ani. Dar dacă acest scenariu este corect, peste 10^{33} ani nu va mai rămâne nimic în afară de o mare de fotoni și de particule elementare.

Extinderea spațiului va duce la o diluare formidabilă. S-a estimat că peste 10^{66} ani distanța medie dintre electronii tipici va fi de peste o sută de mii de ori mai mare decât raza Universului pe care îl putem cerceta în prezent. Vor trece 10^{100} ani și poate că peste 10^{116} ani particulele rămase se vor dezintegra în radiații. În acest Univers care s-a răcit și s-a întunecat în mod constant, nu se va mai întâmpla probabil nimic, niciodată.



Rețineți că această descriere se bazează pe prezumția că valoarea forței de accelerare rămâne constantă. Dar dacă nu este așa? Se pare că dacă valoarea ei scade – sau chiar și dacă această forță încetează să acționeze – în viitor Universul tot va sfârși, mai încet, dar la fel de inevitabil, în întuneric și izolare. Însă dacă valoarea constantei cosmologice ar crește, ne-ar aștepta un sfârșit mult mai dramatic.

▲ Găurile negre – ultimii supraviețuitori
M87 este o galaxie importantă care face parte din roiul Virgo (Fecioara), aflată la o distanță de 60 de milioane de ani-lumină de noi. Are 14 000 de roiuri globulare și jeturi de gaz și praf impresionante care se întind până la 8 000 de ani-lumină de centru. Emite radiații puternice de la un capăt la altul al spectrului, de la raze X la unde radio. Sursa acestei energii este o gaură neagră masivă.

Marea Dezagregare*

La început nu se va observa o diferență prea mare. Este posibil ca lucrurile să se întâmple mai repede, dar în curând va rămâne un roi izolat de galaxii care până atunci au fost ținute laolaltă de gravitație. Gravitația este cea mai puternică atunci când obiectele cosmice sunt apropiate – pe distanțe mici – în timp ce forța de accelerare crește odată cu distanța. Însă în cele din urmă forța crescândă a constantei cosmologice va predomina pe distanțe tot mai mici. Mai întâi roiurile de galaxii vor fi descompuse și va rămâne doar o singură galaxie

* The Big Rip – ad litteram, Marea Sfâșiere (n.tr.)

izolată în centrul universului observabil. Structura Universului, în acest stadiu, va dura mai puțin de un miliard de ani. Cu șaizeci de milioane de ani înainte de sfârșit, galaxiile izolate se vor dezintegra, iar stelele – sau cel puțin fragmentele care rămân – vor zbura în toate direcțiile. Universul va fi mai gol și materia mai izolată decât ne putem imagina, însă acest Univers va suferi încă o schimbare dramatică, sub forma așa-numitei Mari Dezagregări.

Pe măsură ce Universul continuă să se extindă tot mai repede, materia din care sunt formate stelele se va dezagrega până la urmă – planetele care ar supraviețui până atunci vor fi distruse cu numai treizeci de minute înainte de sfârșit. Tot ce va rămâne va fi o mare de atomi. Lucrurile nu se termină aici, deoarece, dacă extinderea continuă să se accelereze, chiar atomii pot fi dezintegrați, rămânând doar radiații. Nici măcar forțele care mențin unitatea nucleului atomic nu mai pot rezista forței de respingere, și Universul devine o mare de radiații și particule, asemănătoare celei apărute imediat după Big Bang, dar având o densitate infinit mai mică.

Aceasta este știință obiectivă – și totuși este imposibil să nu avem un sentiment instinctiv, foarte straniu, că nu este ceva în regulă. Un Univers care ar sfârși în oricare dintre aceste moduri pare lipsit de sens și este foarte posibil să existe un factor vital care ne scapă. Dacă nu mai pot avea loc alte evenimente, înseamnă că nu mai avem ce să măsurăm și putem spune că timpul s-a terminat. Dacă se termină timpul, nu putem face speculații cu privire la ce se va întâmpla apoi, pentru că nu ar mai exista un „apoi". Este greu de crezut că acest univers extrem de complex și de ordonat poate sfârși într-un haos inform. Știința nu poate merge mai departe și, dacă facultățile noastre intelectuale nu se dezvoltă suficient pentru a ne permite să dobândim mai multe cunoștințe, nu putem face mai mult.

Universuri paralele

Cel puțin știm că planeta noastră și viața terestră au un viitor limitat. Universul are o existență mai îndelungată, dar, dacă teoriile moderne sunt corecte, nici aceasta nu este infinită. Așadar, înseamnă că va veni o vreme când nu va mai exista inteligență?

Știm multe despre Universul în care trăim, dar există și conceptul de „universuri paralele", care coexistă cu al nostru, însă într-o altă dimensiune ce face contactul imposibil. Un asemenea univers ar putea fi complet diferit de al nostru; poate avea altă alcătuire, altă origine și altă scară a timpului. Dacă există universuri paralele, vor dispărea și ele?

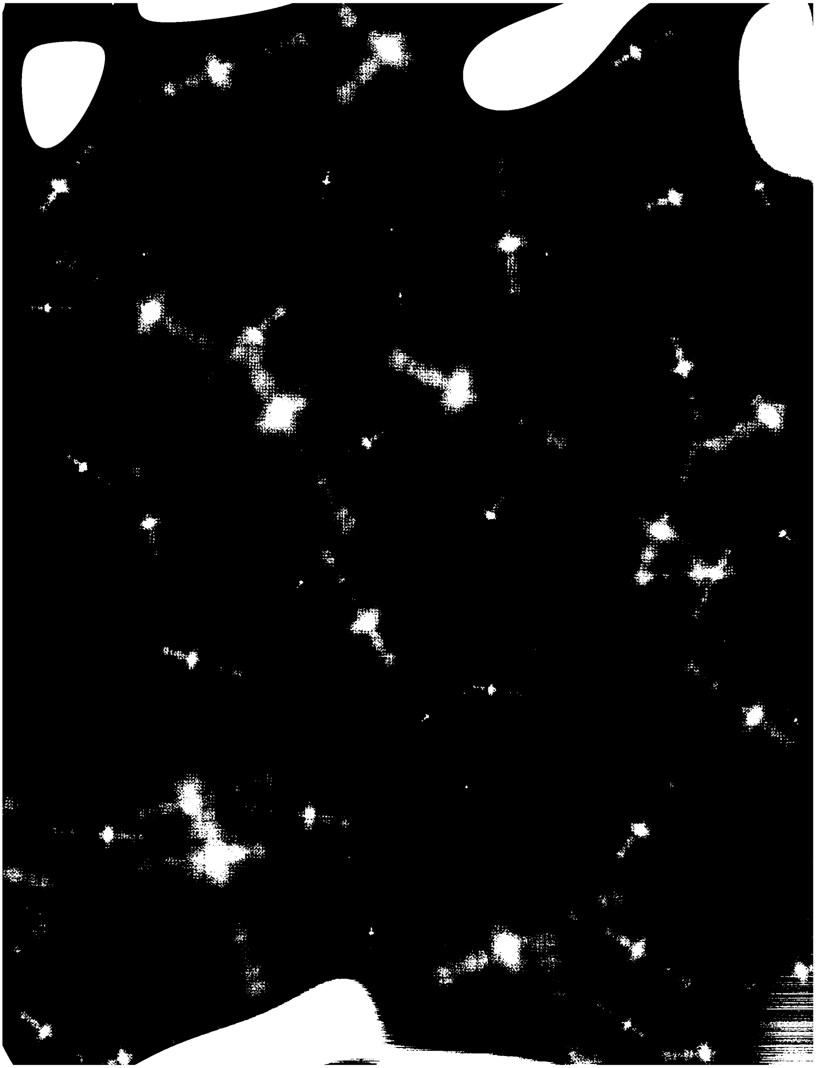
Presupunând că universurile paralele există, fără să avem cea mai mică dovadă că așa este, acestea pot dăinui multă vreme după ce al nostru s-a stins sau a dispărut și, dacă în ele există forme de viață inteligente, teoria care prevede o stare finală de inerție absolută pare să nu mai fie valabilă. Problema este că în prezent pare să nu existe nici o modalitate de a afla. Dacă se ajunge într-adevăr la o stare finală de completă inactivitate, se poate spune că întregul „experiment al universului sau al universurilor" ar fi putut fi zadarnic, iar aceasta este o idee care li se va părea multora greu de acceptat.

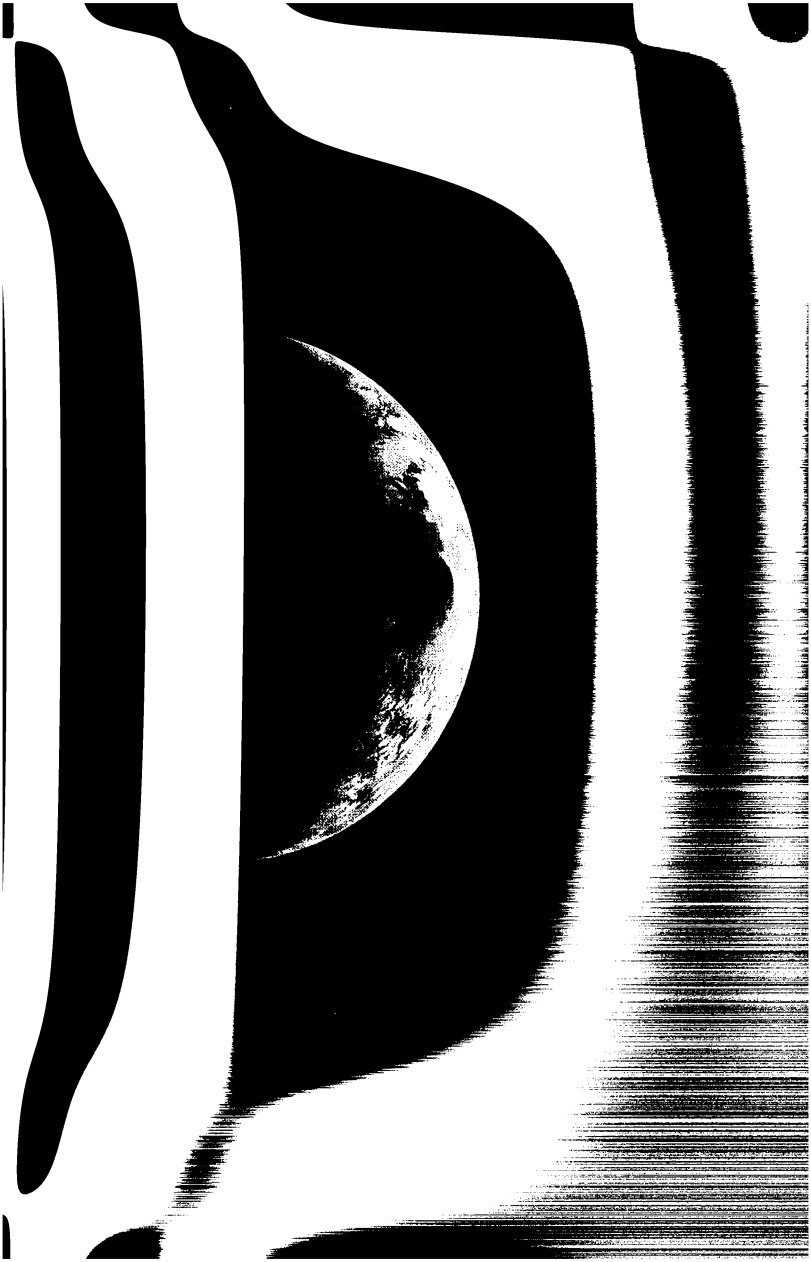
Aici se încheie povestea Universului

Ne-am străduit să spunem cât mai bine povestea Universului așa cum este ea înțeleasă astăzi de către astronomi. Am început cu Big Bang și am trecut prin erele inflației, transparenței, primelor stele, galaxii și planete, până la apariția vieții și mai departe, peste miliarde de ani, în viitorul îndepărtat și întunecat la propriu. Atunci când am scris-o, această poveste a fost cea mai convingătoare din câte există, dar va mai fi ea corectă peste o sută de ani sau chiar peste un deceniu? Ei bine, chiar nu știm!

▶▶ Marea Dezagregare

Nici măcar forțele care mențin unitatea nucleilor atomici nu mai pot rezista forței de respingere și Universul devine o mare de radiații și particule elementare, asemănătoare celei apărute imediat după Big Bang, dar având o densitate infinit mai mică.





EPILOG

Suntem praf de stele – cu aur suntem poleiți... (Joni Mitchell, 1969)

În fiecare zi, cu ajutorul instrumentelor celor mai puternice construite vreodată și al lucrărilor teoretice de mare profunzime susținute de modele sofisticate realizate pe calculator, astronomii află mai multe despre Universul extraordinar de complex în care trăim. Cu cât se strâng mai multe date, cu atât pare mai probabil că toate tipurile de evenimente care au avut loc după Big Bang au fost niște etape necesare ale procesului de creare a unei planete albastre unde să existe condiții favorabile apariției și evoluției rasei umane și a tuturor celorlalte specii de animale și plante care trăiesc alături de noi. Bineînțeles, aceasta nu înseamnă că suntem mai importanți decât oricare dintre creaturile din jurul nostru sau că epoca în care trăim este mai importantă decât orice alt capitol din istoria Universului. Poate că evoluția omenirii este doar o parte necesară a evoluției viitoare a Universului.

Sperăm că, spunând povestea Universului fără întreruperi și în ordinea corectă, nu în ordinea în care au fost făcute descoperirile, i-am făcut pe cititori să simtă forța extraordinară a firului care parcurge evoluția lui, un fir cu care suntem toți legați în mod inextricabil. Tot ceea ce suntem și tot ceea ce cunoaștem a apărut cu Big Bang-ul inițial. Și, într-un fel, acesta încă nu s-a terminat.

Noi, autorii, credem că această carte de istorie este o încercare onestă de a explica modul *cum* s-au întâmplat lucrurile, în conformitate cu informațiile pe care le avem în prezent. Intenționat, nu ne-am aventurat nici măcar un centimetru pe teritoriul cauzelor, nu am încercat să explicăm *de ce* s-au întâmplat și nici să răspundem la întrebarea dacă întreaga serie de evenimente a fost declanșată de o oarecare entitate inteligentă de natură extraumană. În absența oricăror dovezi materiale, aceasta este o chestiune care ține de misticism și de religie. Considerăm că, dacă mecanismele Universului, în toată splendoarea lor, sunt apreciate cum se cuvine, nu există nici o contradicție între știință și religie; acestea doar abordează domenii diferite. Sperăm că ne-am adus umila contribuție la calmarea și la destinderea discuțiilor care se poartă în prezent asupra acestui subiect pe tot globul. Dacă am încerca toată viața să înțelegem perfect cum apare o singură narcisă, nu am înțelege mai bine de ce ni se arată o asemenea frumusețe; cu toate acestea, putem să ne distrăm pe cinste satisfăcându-ne curiozitatea în ambele domenii. Vă dorim să vă distrați pe cinste.

Brian May, Patrick Moore și Chris Lintott, 2006

◀◀ Casa noastră din spațiu

Este aceasta o altă imagine a semilunii? Mai uitați-vă o dată... Aceasta este propria noastră planetă verde-albastră văzută din spațiu. Toate evenimentele din istoria omenirii s-au întâmplat aici.

GHID DE ASTRONOMIE PRACTICĂ

Cât din acest Univers uimitor puteți vedea personal? Răspunsul este: foarte mult. Astronomia este aproape singura știință în care amatorii și profesioniștii conlucrează îndeaproape și în care amatorii pot aduce contribuții valoroase și în același timp se pot distra pe cinste. Și pentru a deveni un observator practic, nu trebuie să cheltuiți sume mari de bani pe echipamente scumpe. George Alcock, cel mai celebru vânător de comete și de nove, nu a folosit niciodată un telescop, ci doar un binoclu puternic montat special, pe care îl lua cu el în grădină!

◀◀ Protuberanțe solare

O imagine a unei protuberanțe solare realizată folosind lumina roșie produsă de gazul de hidrogen fierbinte deasupra suprafeței Soarelui.

Cum să deveniți astronom

Următoarele sugestii vă pot fi de folos, dar, desigur, modul de lucru diferă de la o persoană la alta și foarte multe lucruri depind de condițiile personale și de mediul în care trăiți. Dar le prezentăm aici ca pe niște sfaturi, sperăm, utile.

1. Citiți câteva lucrări introductive și asigurați-vă că știți esențialul. Dacă ați citit paginile precedente, cunoașteți deja aceste informații, iar în cazul în care ar apărea confuzii, puteți consulta glosarul de la sfârșitul lucrării de față.
2. Deveniți membru al unei societăți astronomice. Există societăți naționale, tot ce vă trebuie este entuziasm. Mai mult, există societăți locale în majoritatea orașelor mari din lume. Devenind membru al unei astfel de societăți, vă veți face mulți prieteni noi și există întotdeauna acolo oameni care vă pot ajuta și sfătui. În general, astronomii sunt oameni sociabili!
3. Procurați-vă o hartă schematică a stelelor precum cele prezentate la paginile 164-168 ale acestei cărți, ieșiți afară noaptea când cerul este senin și învățați să vă orientați printre constelații. Nu este nici pe departe atât de greu pe cât s-ar putea crede. Rețineți că nu puteți vedea niciodată mai mult de 3 000 de stele o dată fără să folosiți instrumente optice, iar

◀ Observând tranzitul lui Venus în 2004

Acest eveniment rar a fost urmărit cu plăcere de un grup mare de astronomi la observatorul lui Patrick din West Sussex, Anglia.

constelațiile au forme distinctive. Mai mult, stelele rămân în aceleași poziții an după an, secol după secol. Doar vecinele noastre cele mai apropiate, planetele din sistemul solar, se mută dintr-o constelație în alta și chiar acestea rămân strict în centura care înconjoară cerul și care se numește Zodiac.

4. Procurați-vă un binoclu și începeți să căutați o serie de obiecte cosmice cum ar fi stele roșii, nebuloase sau faze ale lui Venus, și sateliții lui Jupiter. Desigur, puteți avea noroc să fiți întâmpinat de o cometă. De exemplu, în 1997 minunata cometă Hale-Bopp a putut fi observată luni de zile pe cer.

5. Până acum v-ați dat seama cu siguranță cât de profund este interesul dumneavoastră pentru astronomie și ce ramură a acestei științe vă atrage cel mai mult. De aceasta depind echipamentele de care veți avea nevoie. Aproape sigur vă trebuie un telescop, și în această privință lucrurile stau mult mai bine decât în urmă cu doar câțiva ani. Desigur, un observator funcțional dotat cu un telescop mare și cu echipamente auxiliare costă foarte mult, dar le puteți achiziționa mai târziu. De asemenea, rețineți că un telescop nu se uzează; dacă aveți grijă de el cum se cuvine, durează o viață și chiar mai mult, iar întreținerea lui este simplă.

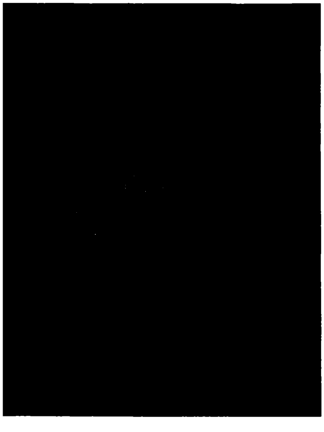
Vom spune mai multe despre telescoape mai târziu. Până atunci, să ne punem în locul entuziaștilor care au citit această carte și acum abia așteaptă să vadă obiectele despre care au citit. De asemenea, să presupunem că ei dețin un binoclu bun și un telescop nu prea scump – să zicem un refractor cu diametrul de 80 de milimetri. De unde trebuie să înceapă?

Soarele

Este important să învățăm constelațiile, dar poate că majoritatea oamenilor vor dori să înceapă cu vecinele noastre cele mai apropiate, obiectele care fac parte din sistemul solar. Primul pe listă este Soarele – dar trebuie să rețineți un lucru de la început: **Soarele este periculos.** Subliniem că nu este recomandat să vă uitați la el direct, chiar când răsare sau apune și pare inofensiv, deoarece emite radiație pe tot spectrul electromagnetic, nu numai radiații vizibile, și evident este fierbinte. Dacă îl veți privi direct prin orice telescop sau chiar printr-un binoclu, veți suferi leziuni permanente ale vederii și puteți ajunge chiar să orbiți dacă nu luați măsurile de precauție adecvate. Din păcate, se mai vând și acum unele telescoape mici prevăzute cu „dispozitive de protecție împotriva soarelui" care se pot fixa în fața ocularului unui telescop pentru a elimina strălucirea și căldura. Aceste dispozitive sunt ineficiente și extrem de periculoase. Nu asigură o protecție completă și se pot strica oricând. Nu ar trebui să le folosiți niciodată. Există filtre care pot fi instalate pe un telescop cu refracție, dar nu încercați să priviți Soarele direct în acest mod până când nu știți exact ce faceți.

▼ Pete solare

Fotografie realizată de John Fletcher la observatorul lui Patrick.



Soluția este să folosiți telescopul ca pe un proiector și să priviți imaginea Soarelui reflectată pe un ecran amplasat corespunzător (vezi pag. 105). Această metodă este destul de sigură, iar în imagine veți putea observa toate petele solare existente în acel moment. Dacă le veți observa zilnic, veți vedea că petele se mută de-a lungul discului datorită rotației Soarelui. Este fascinant și rețineți că Soarele este o stea normală, singura care se află suficient de aproape pentru a fi studiată în detaliu.

Pentru cercetări solare serioase este nevoie de echipamente specializate care depășesc sfera de cuprindere a acestei lucrări, însă există o mulțime de cărți despre acest subiect.

Luna

Următoarea este Luna, pe care o puteți privi în siguranță – cantitatea de căldură emisă de Lună care ajunge la noi este prea mică pentru a reprezenta un pericol –, dar care ar putea să

◀ **Crater lunar**

Craterul cu diametrul de 96 km din partea de jos a fotografiei se numește Platon.

vă uimească. Principalele ei forme de relief sunt mările (sau „maria"), munții și craterele. Cu ochiul liber se pot vedea principalele „maria", iar cu binoclul se pot vedea multe cratere și lanțuri muntoase impresionante. Cu un telescop se pot observa foarte multe detalii.

„Maria" sunt niște câmpii de lavă, unele cu un contur regulat, altele mai puțin definite. Mai demult se credea că sunt mări sau cel puțin funduri de mare, și și-au păstrat numele interesante: Mare Serenitatis (Marea Seninătății), Sinus Iridium (Golful Curcubeelor), Oceanus Procellarum (Oceanul Furtunilor) și așa mai departe, dar știm acum că nu au existat niciodată suprafețe acoperite de apă pe Lună. Mările lunare sunt complet uscate și sunt brăzdate de cratere; unele sunt mărginite de lanțuri muntoase – de exemplu, Mare Imbrium are un contur regulat și este mărginită în parte de Apenini și de Alpi, cu vârfuri mai înalte decât oricare din lanțurile muntoase omonime de pe Pământ. Observați că majoritatea mărilor Lunii sunt legate între ele, formând un sistem. Principala excepție fiind Mare Crisium (Marea Crizelor), o mare relativ mică. „Maria" nu se extind pe limbul Lunii, ceea ce ne conduce către un aspect foarte important.

Perioada orbitală a Lunii este de 27,3 zile. Perioada ei de rotație axială este egală cu perioada orbitală, astfel încât spunem că rotația Lunii este „capturată" sau „sincronă". Știm de ce este așa – datorită fricțiunii produse de maree de-a lungul mileniilor, toți sateliții planetari importanți comportându-se la fel. Aceeași emisferă a Lunii este întoarsă mereu către Pământ și înainte de era spațială nu aveam informații directe despre regiunile pe care nu le putem vedea. Observați că, deși Luna întoarce întotdeauna aceeași față spre noi, ea nu întoarce permanent aceeași față spre Soare, prin urmare condițiile diurne și nocturne sunt aceleași în ambele emisfere – nu există o „față întunecată".

Cu toate acestea, lucrurile se complică datorită unor efecte numite „librații". Orbita Lunii nu este circulară, ci evident eliptică; conform legilor lui Kepler, Luna se mișcă cel mai repede când este cel mai aproape de noi (la perigeu) și cel mai încet când este cel mai departe

▲ **Eclipsă de Lună**

Culoarea Lunii în timpul unei eclipse totale depinde de starea atmosferei Pământului. După o erupție puternică, precum aceea a vulcanului Krakatoa din 1883, Luna pare într-adevăr foarte întunecată.

(la apogeu). Totuși, viteza ei de rotație axială rămâne constantă. Aceasta înseamnă că în cursul fiecărui circuit, între poziția ei pe orbită și gradul de rotație, apare o ușoară desincronizare. Luna pare să oscileze foarte încet și foarte puțin; putem zări o mică suprafață întâi în jurul unui limb, apoi în jurul celuilalt. Aceasta se numește librație longitudinală. Datorită ei și altor librații mai puțin importante putem studia în total 59% din suprafața Lunii, dar, desigur, nu mai mult de 50% o dată.

Restul de 41% a rămas neexplorat până în 1959 când rușii au trimis sonda fără echipaj *Lunik 3* într-o călătorie în jurul Lunii, obținând primele imagini ale zonelor până atunci necunoscute. Deloc surprinzător, aceste zone s-au dovedit foarte asemănătoare celor deja cunoscute, cu munți, văi și cratere. O mare întinsă, Mare Orientale (Marea de Răsărit), se află aproape în întregime în partea îndepărtată a Lunii, însă o mică porțiune poate fi observată de pe Pământ în cursul unei librații maxime, iar primul care a observat-o a fost un astronom, pe numele său Patrick Moore, în 1948! Observatorii americani au redescoperit-o după aproximativ zece ani.

Un crater este cel mai vizibil atunci când se află pe sau lângă zona care delimitează emisfera luminată de cea întunecată, deoarece fundul acestuia este umbrit integral sau parțial. În centrul multor cratere mari există vârfuri care sunt luminate de Soare, în timp ce fundul craterului rămâne întunecat. Când Soarele răsare, umbra se micșorează și chiar un crater mare poate fi greu de identificat dacă este luminat puternic, cu excepția celor care au un fund extrem de întunecat sau pereți foarte luminoși.

Pentru începători, Luna plină este cel mai prost moment pentru a-și începe observațiile; nu există aproape nici o umbră, iar scena este dominată de raze strălucitoare provenind din câteva cratere precum Copernicus din Oceanus Procellarum și Tycho din regiunile muntoase sudice. Razele sunt emise de depozite de suprafață, care nu se văd în condiții de iluminare slabă. Dacă vă întrebați cum se numesc craterele, acestea poartă numele unor personalități printre care se numără observatori ai Lunii din trecut. Sistemul a fost inițiat de astronomul iezuit Riccioli, care a desenat o hartă a Lunii în 1651, și de atunci a continuat să se extindă. Regăsim acolo numele unor personalități neobișnuite: un crater mare se numește Iulius Caesar, nu în cinstea faptelor de vitejie ale împăratului roman, ci pentru reforma calendarului pe care acesta a ordonat-o. Alt crater a fost numit Hell (Iadul), dar nu pentru că este foarte adânc, ci în onoarea unui astronom ungar care a trăit în secolul al XVIII-lea, Maximilian Hell!

Printre alte forme de relief lunar se numără creste, vârfuri izolate, coline joase sau domuri și șanțuri asemănătoare unor crevase (numite și văi lunare). Dat fiind că imaginea se modifică foarte repede odată cu condițiile de iluminare, schițați mai multe formațiuni în condiții de iluminare diferite, folosind o hartă schematică. Dacă perseverați, nu va dura mult să învățați să vă orientați pe suprafața Lunii. Când începeți o sesiune de observații, examinați zona care urmează a fi studiată; folosiți negreșit o hartă fotografică (ținând cont de formele de relief principale). Nu încercați să desenați o suprafață prea mare o dată și nu folosiți o putere prea mare; dacă imaginea devine neclară sau instabilă, ajustați imediat coeficientul de mărire la un nivel inferior. Echipamentele electronice folosite cu un telescop modest pot produce imagini superbe.

Eclipse

Când Luna trece prin conul de umbră aruncat de Pământ, ea nu mai este luminată direct de Soare și capătă o culoare întunecată, adesea arămie, până când iese din nou din umbră. Nu dispare complet, pentru că unele raze de Soare sunt deviate asupra ei de atmosfera care

înconjoară Pământul. Eclipsele de Lună pot fi totale sau parțiale – și, evident, pot avea loc numai atunci când este Lună plină! Nu sunt importante, dar este o plăcere să le urmărești și se pot face fotografii excelente.

Planetele

Planetele au fost întotdeauna obiecte preferate de posesorii de telescoape mici și mijlocii și este probabil adevărat că în urmă cu mai puțin de 50 de ani cea mai mare parte a cunoștințelor despre suprafața planetelor se datora amatorilor. Acum situația s-a schimbat, însă observarea planetelor este la fel de fascinantă ca întotdeauna, în parte pentru că nu știm niciodată ce se va mai întâmpla.

Planetele din sistemul solar interior, Mercur și Venus, nu sunt foarte interesante. Pe Mercur nu-l veți vedea probabil deloc, dacă nu-l căutați intenționat, pentru că stă întotdeauna prea aproape de Soare pe cer; cu ochiul liber poate fi văzut doar în pozițiile sale cele mai bune, când se află fie jos pe cerul de vest după apusul Soarelui, fie jos pe cerul de est înainte de răsărit. Cele mai bune imagini se obțin în timpul zilei, când Mercur este sus pe cer – dar la fel și Soarele. Pentru a-l localiza pe Mercur aveți nevoie de un telescop motorizat dotat cu echipamente de poziționare precise. A încerca să găsiți această planetă cu ajutorul telescopului este extrem de imprudent; mai devreme sau mai târziu, nefericitul observator va privi Soarele din greșeală. Chiar atunci când Mercur este descoperit, tot ce se poate vedea este faza lui caracteristică. Până acum numai navele spațiale au fotografiat craterele, câmpiile și munții acestei planete.

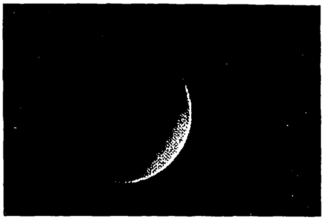
Privită prin telescop, Venus oferă puțin mai multă satisfacție. Este mai strălucitoare decât orice altă stea sau planetă și cei care au vederea foarte bună o pot zări cu ochiul liber chiar la lumina zilei. Faza este foarte evidentă, dar în general discul pare aproape lipsit de forme de relief, fără semne specifice, cu excepția unor pete neclare și a unor zone luminoase. Atmosfera densă îi ascunde suprafața; telescoapele obișnuite nu pot vedea prin această atmosferă; nu există zi însorită pe Venus. A fost necesară folosirea unor metode de cercetare spațială pentru a dezvălui craterele, scurgerile de lavă și vulcanii de pe această planetă. Acum știm că, deși poartă numele zeiței iubirii, Venus este o planetă ostilă.

Tranzitele

Există ocazii când Mercur și Venus trec prin fața Soarelui. În cazul lui Mercur aceste evenimente sunt destul de dese – următorul va fi la 9 mai 2016, dar va putea fi observat doar cu ajutorul instrumentelor optice. Următorul tranzit al lui Venus va fi la 2 iunie 2012, după care această planetă nu va mai trece prin fața Soarelui până la data de 11 decembrie 2117. Venus este destul de vizibilă în timpul tranzitului – dar când observați tranzitele trebuie să vă luați toate măsurile de precauție normale în cazul observațiilor solare.

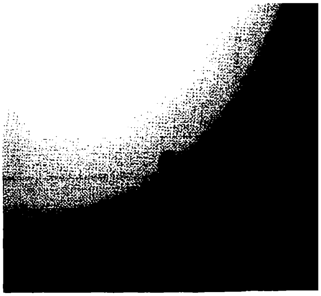
Marte

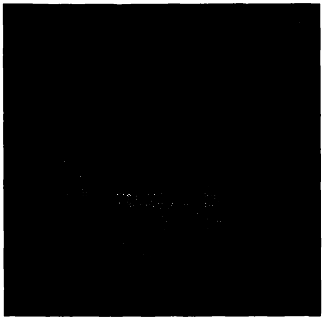
Planeta Marte este diferită pentru că atmosfera ei nu ascunde caracteristicile suprafeței și când se află într-o poziție bună puteți vedea zonele întunecate, „deșerturile" ocru și calotele de gheață albe. Cu toate acestea, Marte este o planetă mică și se vede bine doar câteva săptămâni, când se află în opoziție – va fi de partea cealaltă (opusă) a Pământului față de Soare. Mai mult, nu suportă prea bine mărirea, astfel încât observatorul trebuie să profite de cele mai bune nopți din jurul datei de opoziție. Nu toate opozițiile sunt la fel de favorabile, fiindcă orbita lui Marte este foarte excentrică, și opozițiile cele mai bune au loc atunci când



▲ **Secera lui Venus**
Unii observatori au semnalat existenta unei lumini cenușii pe partea întunecată a planetei, care a fost pusă pe seama unor cauze foarte diverse, de la fulgere la lumini ale unor orașe de dincolo de nori! Explicatia cea mai verosimilă este o iluzie optică; din păcate, am putea spune.

▼ **Tranzitul lui Venus**
Brian a fotografiat tranzitul lui Venus din 2004, proiectat pe un carton la observatorul lui Patrick Moore din Sussex.





▲ **Marte**

Calotele polare ale planetei Marte se măresc și se micșorează cu anotimpurile și se văd limpede și cu telescoape mici. Zonele întunecate sunt uneori ascunse de furtunile de praf, care la început au proporții reduse, dar care pot ajunge să cuprindă întreaga planetă.

planeta este în opoziție și periheliu (punctul cel mai apropiat de Soare) în același timp. În 2003 distanța între Pământ și Marte a fost mai mică de 22 de milioane km.

În afara opoziției, Marte arată o fază distinctivă, asemănătoare Lunii la câteva nopți după ce a fost plină. Când faceți schițe, nu uitați să țineți întotdeauna cont de fază. Perioada de rotație este mai lungă decât a noastră cu mai mult de o jumătate de oră, așa că nu trebuie să vă grăbiți să determinați poziția principalelor forme de relief, ca în cazul lui Jupiter.

Dacă faceți o schiță, desenați mai întâi calota polară (dacă este vizibilă) și semnele de culoare închisă. Căutați eventuale fenomene în nori, reglați telescopul la puterea cea mai mare și adăugați detaliile mărunte. Notați ora la care au fost făcute observațiile și detaliile privind telescopul, coeficientul de mărire și condițiile meteorologice, precum și longitudinea meridianului central. Aveți grijă să desenați numai ce vedeți – nu ce sperați să vedeți. Patrick își amintește foarte bine cum a văzut prima dată planeta Marte prin refractorul cu diametrul de 60 cm de la Observatorul Flagstaff din Arizona, folosit de Percival Lovell pentru a desena celebra sa rețea de canale. Ar putea fi văzute aceste canale? A fost o ușurare să aflăm că acestea nu străluceau, de fapt, decât prin absență.

Observațiile vizuale asupra planetei Marte sunt completate într-o anumită măsură de fotografiile excelente obținute de amatori cu ajutorul unor instrumente electronice în combinație cu telescoape mici. Imaginile prezentate în acest capitol sunt mai bune decât orice fotografie a planetei Marte realizată de profesioniști în 1960, de exemplu. Putem vedea marii vulcani precum Olympus Mons – dar de pe Pământ nu vom putea niciodată să admirăm caldeira din vârful acestui vulcan, nici să scrutăm profunzimile imensei Valles Marineris. Numai navele spațiale ne pot arăta aceste minuni.

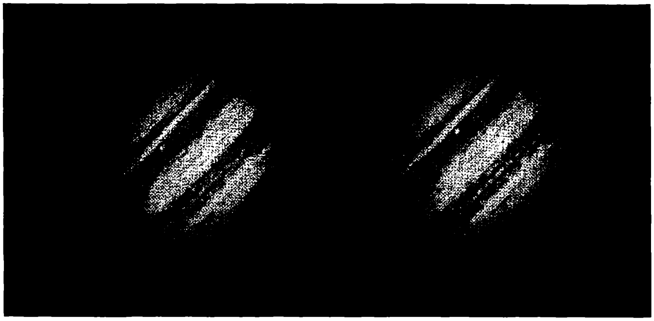
Asteroizii

Dincolo de orbita lui Marte ajungem la Centura de Asteroizi. Printr-un telescop, aceste obiecte minuscule arată ca niște stele; cel mai mare dintre ele, Ceres, are un diametru de numai 960 km. Totuși, asteroizii sunt ușor de fotografiat și există informații detaliate privind pozițiile în care se află la diferite ore. Unii asteroizi, precum Hermes, sunt considerați potențial periculoși (PHA – Potentially Hazardous Asteroids), pentru că orbitele lor se intersectează cu a Pământului. Nu pot fi excluse viitoare coliziuni, iar astronomii amatori pot juca un rol important în această privință. Există atât de mulți asteroizi potențial periculoși încât astronomilor profesioniști le este foarte greu să îi urmărească pe toți.

Jupiter

Jupiter și Saturn, giganții din familia Soarelui, sunt deosebit de interesanți pentru observatorii amatori. Cu centurile, petele și sateliții lui galileici, Jupiter este în continuă schimbare, iar datorită inelelor sale Saturn este fără îndoială cel mai frumos corp ceresc.

Jupiter este atât de mare încât ar putea să încapă în el peste o mie de sfere cu volumul Pământului, iar discul lui este gălbui, turtit și prezintă centuri de nori transversale. Există două centuri principale, câte una de fiecare parte a ecuatorului, alături de altele aflate la latitudini mai înalte. Jupiter are o suprafață gazoasă și nu se rotește la fel ca un corp solid. În Sistemul I (între marginea nordică a Centurii Ecuatoriale de Sud și marginea sudică a Centurii Ecuatoriale de Nord) perioada de rotație este de 9 ore și 51 de minute, iar pentru restul planetei (Sistemul II) perioada de rotație este mai lungă cu cinci minute. Structurile individuale, precum petele, au perioade proprii și se deplasează în derivă în longitudine.



◀ **Jupiter**

Centurile ecuatoriale maronii ale acestei planete se văd foarte clar.

Centurile, formate din picături de amoniac lichid, domină imaginea. Petele pot deveni mai vizibile, dar numai pentru perioade de timp limitate, cu excepția Marii Pete Roșii, observată încă din secolul al XVII-lea; este roșie cărămizie și are o lungime de peste 30 000 km. Poate să dispară temporar, dar revine întotdeauna. Există și câteva pete albe pronunțate, dar sunt temporare; în 2006 a fost observată o pată roșie mai mică.

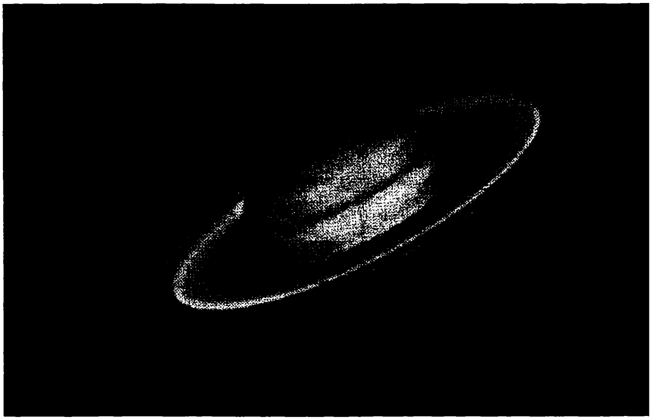
Jupiter se învârtește repede, așa că nu vă puteți permite să pierdeți vremea când faceți o schiță a acestei planete; trebuie să desenați principalele caracteristici în mai puțin de 10 minute și să adăugați apoi detaliile mai mărunte cât de repede puteți. Puteți afla prin observații perioadele de rotație ale structurilor individuale. Determinați momentul când structura intersectează meridianul central și apoi folosiți tabele pentru a calcula longitudinea. Nu este greu – meridianul central poate fi găsit cu ușurință pentru că discul planetei este foarte turtit. Exersând, puteți ajunge să faceți estimări cu o precizie de până la un minut (a șaizecea parte dintr-un grad). Astfel de studii erau odinioară foarte valoroase. Trebuie să recunoaștem că situația s-a schimbat datorită progreselor imagisticii. Dar Jupiter rămâne o planetă fascinantă și, separat de detaliile de suprafață, vă sfătuim să urmăriți și tranzitele, ocultațiile și eclipsele sateliților galileici.

Pentru schițe, este bine să folosiți foi pretipărite. Căutați detalii neobișnuite. În 1994, fragmentele cometei Shoemaker-Levy 9 au căzut pe Jupiter producând cicatrice observate luni de zile. Imediat după ce s-au format, acestea puteau fi văzute cu orice telescop mic.

Până la Saturn și mai departe

Inelele lui Saturn sunt atât de frumoase încât le veți privi mereu cu încântare. Este interesant să comparăm fotografia de la pagina următoare, făcută de un amator cu un telescop cu diametrul de 40 cm, cu o imagine surprinsă de telescopul spațial Hubble. Trebuie să vă uitați atent pentru a vă da seama care a fost făcută de un amator. Uneori, pe discul planetei Saturn apar pete albe. Una a fost descoperită în 1933 de actorul de comedie Will Hay, iar altă pată de același tip a fost descoperită în 1990 de un amator american, Stuart Wilber. Deși este o planetă mai puțin activă decât Jupiter, Saturn poate produce surprize.

Giganții din sistemul solar exterior, Uranus și Neptun, sunt ușor de fotografiat, deși nu pot fi observate detalii de suprafață. Mai sunt corpurile cerești din Centura Kuiper, dintre care Pluto este cel mai strălucitor, dar nu și cel mai mare. Pentru a le urmări, este foarte util să le filmați.



▶ **Inelele lui Saturn**
Frumoasele inele ale lui Saturn nu pot fi văzute întotdeauna cu telescoape mici. Această fotografie a fost creată din 9 000 de imagini distincte.

În sfârșit, ajungem la membrii cei mai rătăcitori ai familiei Soarelui: cometele și meteorii. Există întotdeauna diferite comete care pot fi observate cu telescoape modeste, însă oaspeții cu adevărat impresionanți, precum Hyakutake și Hale-Bopp, sunt foarte rari. Unele comete arată mai degrabă ca niște bucățele de vată și pentru a le localiza aveți nevoie de un atlas astronomic detaliat și de un telescop dotat cu inele de reglaj precise. Desigur, cometele foarte spectaculoase, precum Hale-Bopp, se văd bine și cu binoclul.

▶ **Cometa Hale-Bopp**
Fotografiată de Patrick în 1997, această cometă nu se va mai întoarce decât peste 2 360 de ani. Observați cât de aproape pare de hornul casei lui Patrick

Meteorii pot fi observați oricând, dar sunt interesante ploile anuale de meteori; se pot face fotografii bune și cu o cameră obișnuită. Puteți conta întotdeauna pe apariția Perseidelor în luna august; dacă cerul este senin timp de câteva minute în nopțile dintre 9 și 18 august, ați avea ghinion dacă nu ați vedea mai multe Perseide.

Stelele din emisfera nordică

Am ajuns la stele. Nu e locul aici să trecem în revistă constelațiile în detaliu, așa că vom prezenta doar câteva grafice, care, sperăm, îi vor ajuta pe începători să se orienteze. Pentru observatorii din emisfera nordică există trei grupuri principale: Ursa Major, Orion și Pegas.

Ursa Major, Ursa Mare, este circumpolară de la latitudinile Londrei și New Yorkului – adică nu apune niciodată, astfel încât poate fi văzută întotdeauna undeva dacă cerul nopții este suficient de senin. Șapte dintre stelele ei formează ceea ce se numește Carul Mare. Pentru că

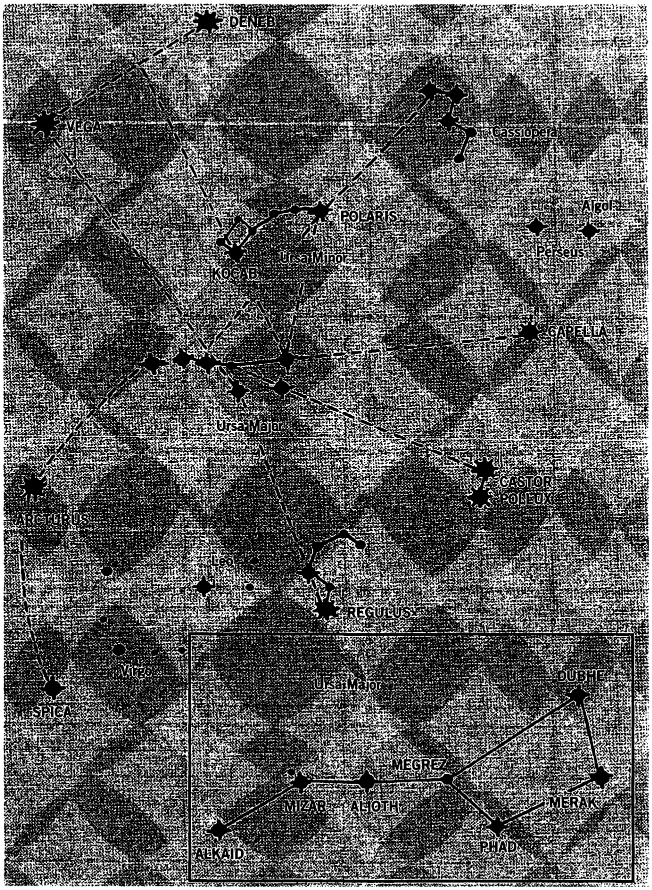
▼ Lumină zodiacală

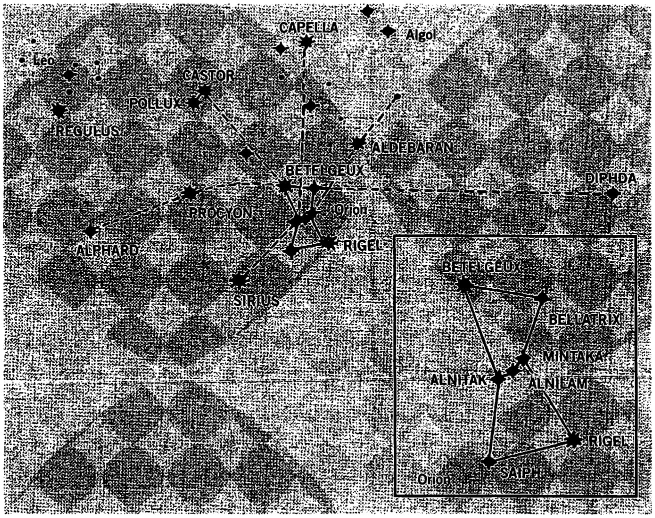
Lumina zodiacală de seară din Gemeni fotografiată în Tenerife în 1971. Fotografia a fost făcută de Brian cu un aparat Pentax cu film de 35 mm, montat pe un trepied. Deoarece Pământul s-a rotit în timpul unei expuneri de câteva minute, stelele au lăsat dâre de lumină pe imagine. Lumina zodiacală este un con de lumină vizibil seara sau dimineața. Se crede că este format de lumina Soarelui reflectată de praful care se rotește pe orbită în jurul acestuia. Teza de doctorat a lui Brian a avut ca subiect determinarea mișcărilor prafului interplanetar.

sunt atât de folositoare, am numit aceste stele în Harta 1: Alkaid, Mizar, Alioth, Megrez, Phad, Merak și Dubhe; ele au o magnitudine cuprinsă între 1,7 și 2,4, cu excepția lui Megrez, mult mai slab. Merak și Dubhe se numesc indicatori pentru că indică drumul către Polaris, Steaua Polară, din Ursa Minor (Ursa Mică). Polaris se află la o distanță de maximum un grad de polul nord ceresc, de aceea pare să rămână întotdeauna în același loc pe cer. În afară de steaua polară, în Ursa Minor mai există o singură stea destul de strălucitoare, steaua portocalie Kocab (2.1).

De cealaltă parte a Stelei Polare față de Ursa Major este Cassiopeea, ale cărei principale cinci stele (cu magnitudini între 2 și 3) formează un W. Ca și Ursa Major, Cassiopeea este circumpolară. Când Ursa urcă pe cer, Cassiopeea coboară și invers. Dincolo de Ursă puteți descoperi steaua strălucitoare albă-albăstrie Vega (0,1) din Lyra și steaua Deneb (1,3) din

▶ **Harta 1**
Ursa Major





◀ **Harta 2**
Orion

Cygnus (Lebăda). Amândouă sunt circumpolare de la latitudinile Marii Britanii și nordului Statelor Unite, deși în poziția cea mai joasă abia dacă se văd la orizont.

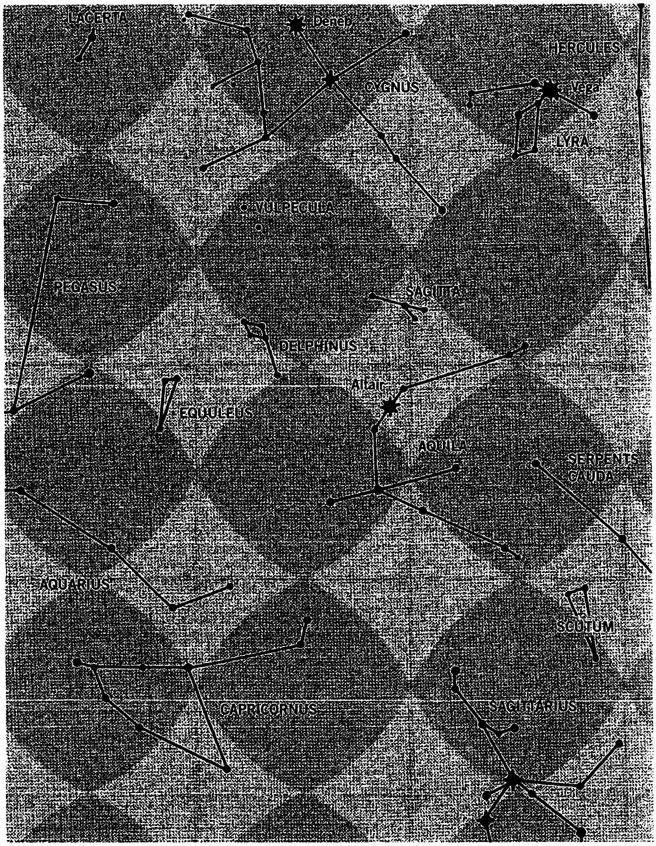
Celelalte stele de pe Harta 1 nu sunt circumpolare. „Coada" Ursului Mare arată calea spre steaua portocalie Arcturus (-0,06) din Bootes (Văcarul). Urmează Spica (1,1) din Virgo (Fecioara). Dincolo de Megrez și Merak puteți vedea pe stelele Castor și Pollux din Gemeni (Gemini); Pollux, cea mai strălucitoare dintre cele două, este portocalie, în timp ce Castor – o frumoasă stea binară – este albă. Puteți descoperi și Leul (Leo), cu principala stea Regulus (1,4); de la Regulus pornește un grup de stele care formează o curbă – Secera.

Harta 2 prezintă constelația Orion, vânătorul din ceruri cu trena lui strălucitoare. Orion domină cerul serii iarna în emisfera nordică (vara în emisfera sudică) și nu poate fi confundat. Principalele stele sunt Rigel (0,2) și Betelgeux (a cărei magnitudine variază între 0,3 și 0,8); Rigel este albă și strălucitoare, în timp ce Betelgeux este o superuriașă roșie-portocalie. Celelalte stele principale din Orion au magnitudini apropiate de 2; Alnitak, Alnilam și Mintaka formează centura – imediat sub aceasta, la sud, este sabia, vizibilă cu ochiul liber ca o pată neclară, care conține nebuloasa Orion. La sud, centura arată drumul spre Sirius (-1,4) din Canis Major (Câinele Mare), care este albă, dar care, când se află jos pe cer, pare să sclipească în toate culorile curcubeului! La nord de centură se află steaua portocalie Aldebaran (0,9) din Taurus (Taurul) și magnificul roi deschis al Pleiadelor sau cele Șapte Surori. Aldebaran, „Ochiul Taurului", are cam aceeași culoare ca Betelgeux, dar nu este nici pe departe la fel de strălucitoare – strălucește de 140 de ori mai slab decât Soarele. De la Aldebaran pornește roiul Hyades în formă de *V*. La o distanță de numai 65 de ani-lumină, Aldebaran nu face parte din acest roi, ci se află întâmplător între noi și Hyades.

Harta 3 prezintă așa-numitul Triunghi de Vară (nume neoficial popularizat de Patrick din întâmplare în cadrul unei emisiuni televizate din 1960!). Este format din Vega din Lyra,

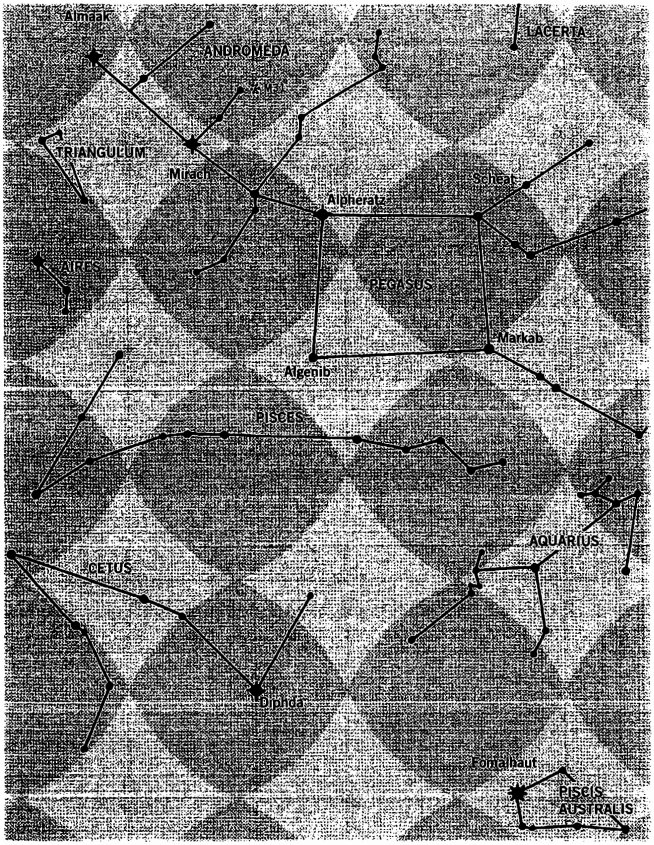
▶ **Harta 3**

Triunghiul de Vară și constelațiile învecinate



Deneb din Cygnus și Altair (0,8) din Aquila (Vulturul) și este legat în fiecare parte de stele mai puțin strălucitoare. Mai jos se află Săgetătorul (Sagittarius) cu superbii nori de stele în direcția centrului Galaxiei.

În Harta 4 este reprezentată constelația Pegas. Principalele patru stele formează un pătrat: Markab (2,5), Algenib (2,9), Scheat (cu magnitudine variabilă de la 2,4 la 2,9) și Alpheratz. Din motive necunoscute, Alpheratz a fost transferată în Andromeda, constelația învecinată, alături de Mirach și Almaak (fiecare cu magnitudinea de 0,1). Vedem aici marea galaxie spirală M31, slab vizibilă cu ochiul liber; cu binoclul se vede ușor, ca o pată de ceață. Pe această hartă apare și steaua Fomalhaut (1,2) din Piscis Australis (Peștele de Sud), care se vede foarte jos pe cer de la latitudini nordice. Peștii (Pisces) și Vărsătorul (Aquarius) sunt constelații zodiacale puțin strălucitoare. În Berbec (Aries) există o stea strălucitoare, Hamal (2,0).



◀ **Harta 4**
Pegas și constelațiile învecinate

Harta cerului în toate anotimpurile

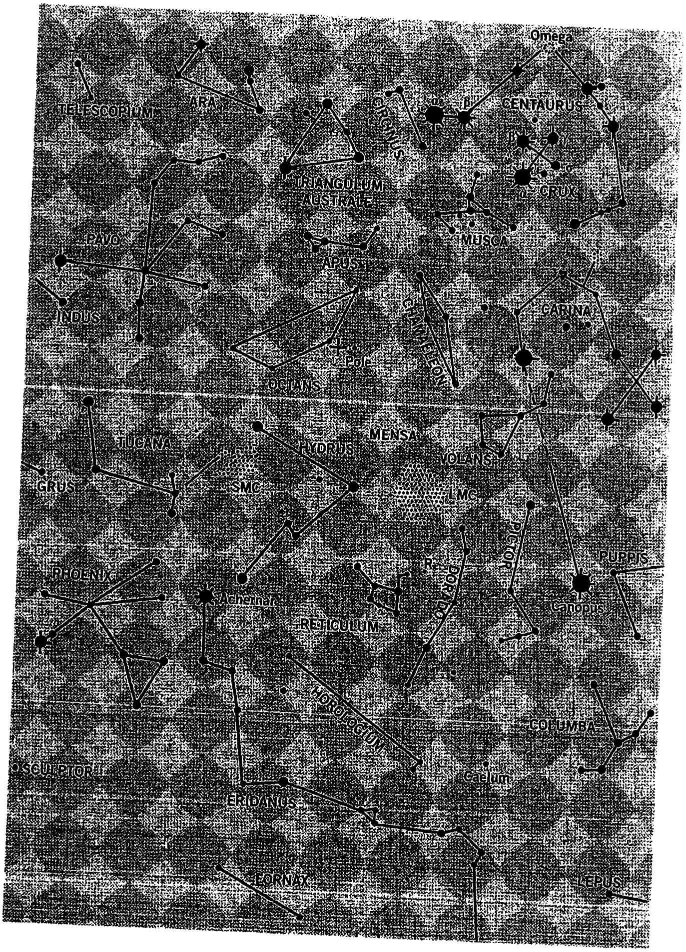
Să studiem harta cerului, curând după lăsarea întunericului, în fiecare anotimp. **Iarna:** Pe la mijlocul lui ianuarie, la ora 22.00 GMT, Ursa Major este la sud-est, Cassiopeea este la sud-vest; Capella se află aproape deasupra noastră, iar Vega foarte jos la nord. Pegas apune la vest, Orion este sus în sud, Sirius este dominant și Leul răsare la est.

Primăvara: La jumătatea lui aprilie, la ora 22.00 GMT. Ursa Major este deasupra; Capella coboară la vest, în timp ce Vega câștigă în altitudine la est. Cassiopeea se află la nord. Orion aproape a dispărut, dar Sirius este încă vizibilă. Arcturus este dominantă la est, în timp ce Leul și Fecioara sunt sus în sud.

Vara: La mijlocul lui iulie, la ora 22.00 GMT. Ursa Major se află la nord-vest, Cassiopeea la nord-est; Vega este aproape deasupra noastră și Capella se găsește aproape de orizontul

▶ **Harta 5**

Constelațiile principale ale emisferei sudice



nordic. Triunghiul de Vară domină sudul. Arcturus este destul de sus la vest, Virgo coboară; Sagittarius este jos la sud. O mare parte din latura sudică este ocupată de constelații mari, puțin strălucitoare – Hercules, Ophiunchus și Serpens, cu o singură stea strălucitoare Rasalhague (2,0) din Ophiunchus, Dresorul de șerpi.

Toamna: La mijlocul lui octombrie, la ora 22.00 GMT. Ursa Major se află în poziția ei cea mai joasă la nord, Cassiopeea este deasupra noastră. Pegas este sus la sud; Fomalhaut este jos la sud; Triunghiul de Vară se vede încă foarte bine. Aldebaran și Pleiadele au urcat; Orion le va urma curând. Vine iarna cu ger și zapadă.

Stelele din emisfera sudică

Să mergem acum spre sud – în Africa sau în Australia. Nu trebuie să traversați Ecuatorul pentru a vedea Crucea Sudului; aceasta răsare oriunde la sud de latitudinea 35 de grade nord.

Crucea Sudului, Crux, este cea mai cunoscută dintre constelațiile sudice, prezentate în Harta 5. Principalele ei patru stele sunt Acrux sau Alpha Crucis (0,8), Beta Crucis (1,3), Gama Crucis (1,6) și Delta Crucis (3,1). De fapt, Crux are mai degrabă formă de zmeu decât de cruce; nu este nici pe departe la fel de cruciformă ca Lebăda de pe cerul nordic. De asemenea, este mult mai strălucitoare și mai mică – destul de surprinzător, este cea mai mică dintre toate cele 88 de constelații recunoscute. Este aproape înconjurată de Centaurus (Centaurul); Alpha Centauri (-0,3) și Agena sau Beta Centauri (0,6) arată spre ea. Nu există o legătură între cei doi Indicatori din emisfera sudică; aflată la o distanță de 4,4 ani-lumină de Pământ, Alpha este cea mai apropiată dintre stelele strălucitoare, în timp ce Agena este o stea uriașă de 13 000 de ori mai luminoasă decât Soarele, care se găsește la o distanță de 530 de ani-lumină de noi. În Centaur, căutați roiul globular Omega Centauri, care poate fi observat cu ușurință cu ochiul liber.

Din păcate, polul sud ceresc nu este marcat de nici o stea strălucitoare; trebuie să ne orientăm după Sigma Octantis, care are o magnitudine sub 5 și poate fi ascunsă de orice ceață sau negură din atmosfera terestră. Polul se află între Crux și Achernar (0,5) din Eridanus (Fluviul). De asemenea, puteți observa pe această hartă Canopus (-0,7), cea mai strălucitoare stea după Sirius. Se află la sud de Orion și poate fi văzută din Alexandria, în Egipt, dar nu și din celălalt mare centru al astronomiei antice, Atena.

Să cercetăm cerul sudic în toate anotimpurile. **Vara:** Dacă faceți observații la mijlocul lunii ianuarie, pe la 8 sau 9 seara, veți vedea că Orion este sus în partea de nord a cerului, Sirius este foarte vizibilă, Canopus este aproape deasupra dumneavoastră, Crux se află la sud-est, ca și Alpha Centauri și Beta Centauri, iar Capella se găsește foarte jos la nord.

Toamna: În aprilie, pe la 8 sau 9 seara. Crux și Centaurus sunt foarte sus, Canopus coboară în vest, Sagittarius urcă în sud-est. Arcturus se află la nord-est, iar Achernar este jos la sud.

Iarna: În iulie, pe la 8 sau 9 seara. Scorpius și Sagittarius sunt aproape deasupra dumneavoastră și roiurile de stele arată splendid. Crux și Centaurus coboară la sud-vest, Achernar urcă în sud-est. Vega poate fi văzută la nord, destul de jos; Fomalhaut este foarte vizibilă la sud-est.

Primăvara: În septembrie, pe la 8 sau 9 seara. Crux și Canopus sunt jos, la sud; Pegas poate fi văzută la nord, la fel și Triunghiul de Vară din emisfera nordică, pe care ar trebui poate să-l numim aici Triunghiul de Iarnă. Fomalhaut este aproape deasupra dumneavoastră.

În sfârșit, trebuie neapărat să observați cei doi Nori ai lui Magellan, în zona polului sud. Cu ochiul liber, aceștia arată ca niște bucăți desprinse din Calea Lactee, dar sunt de fapt galaxii satelite, aflate la peste 169 000 de ani-lumină. Conțin obiecte cosmice foarte diverse – stele uriașe și pitice, roiuri, nebuloase și nove. Au fost observate două supernove, una în 1885 și alta în 1987. Observatorii din emisfera nordică regretă întotdeauna că acești nori se află în centrul emisferei sudice. Ne dăm seama că această trecere în revistă a constelațiilor este incompletă, dar poate fi un început. Cerul nu este niciodată plictisitor.

BIOGRAFII

Wilhelm Heinrich Walter Baade (1893–1960)

Walter Baade s-a născut la Schröttinghausen în Germania. A studiat la Universitatea Munster și apoi la Universitatea Göttingen, pe care a absolvit-o în 1919. După o scurtă perioadă petrecută la Hamburg, a emigrat în Statele Unite în 1931 și s-a angajat la Observatorul Mount Wilson din Pasadena, California. Deși îl interesa în principal astrofizica, Baade a acordat o oarecare atenție și sistemului solar, descoperind zece asteroizi – printre ei, Icarus, primul asteroid cunoscut care se rotește pe o orbită mai aproape de Soare decât Mercur.

În al Doilea Război Mondial, în America de Nord noaptea se stingeau luminile, iar nopțile la Mount Wilson erau extrem de întunecate. Baade a profitat de ele și cu reflectorul Hooker cu diametrul de 2,5 m a început să studieze stele izolate din centrul galaxiei Andromeda. Spre surpriza lui, a descoperit că stelele cele mai strălucitoare din nucleul spiralei nu erau albe-albăstrii, după cum era de așteptat, ci bătrâne uriașe roșii. De aici, Baade a dedus că există tipuri definite de „populații stelare", după cum le-a numit el. Populația I este compusă mai ales din stele tinere, fierbinți, în timp ce stelele cele mai luminoase din Populația a II-a sunt uriașele roșii. Brațele spirale sunt formate în principal din stele din Populația I, iar în centrele galaxiilor se găsesc mai ales stele din Populația a II-a.

La sfârșitul războiului, Baade s-a transferat la Palomar și a folosit reflectorul Hale, pe atunci nou, pentru a studia stele variabile puțin strălucitoare. În cele din urmă, a descoperit că există două tipuri de variabile Cefeide; cele din Populația I sunt de două ori mai luminoase decât cele din Populația a II-a. Pentru a măsura distanțele la care se află galaxiile, Hubble și Humason nu folosiseră tipul corect de Cefeide, așa că galaxiile se aflau la o distanță de două ori mai mare decât se crezuse; spirala Andromeda este la o distanță de 2,9 milioane de ani-lumină, nu la 750 000 de ani-lumină. Eroarea era de peste 100%.

Baade a rămas la Palomar până în 1958, apoi s-a întors în Germania ca profesor la Universitatea Göttingen. A murit doi ani mai târziu. Era o persoană plăcută, prietenoasă și va rămâne în istorie ca omul care, într-un studiu scurt și elegant, a demonstrat, cu calm, că dimensiunea Universului era dublă față de cât se crezuse.

▲ **Walter Baade**

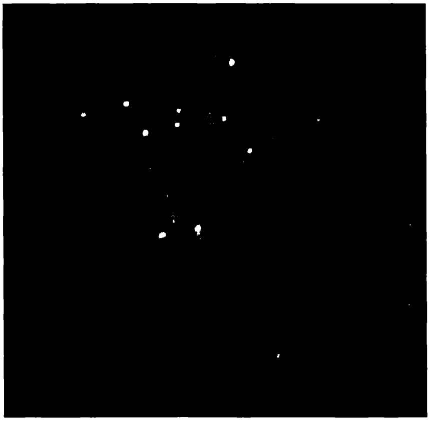
Subramanyan Chandrasekhar (1910–1995)

Chandrasekhar – numit întotdeauna simplu „Chandra" – a fost probabil cel mai mare astrofizician al Indiei. Numele lui va rămâne pe vecie legat de „limita lui Chandrasekhar", care este masa cea mai mare pe care o poate dobândi o stea pitică albă – corpurile cerești cu o masă mai mare își încheie existența ca stele cu neutroni sau ca găuri negre. Legenda spune că Chandrasekhar a terminat de lucrat la această teorie, cea mai mare descoperire a sa, pe vapor, pe când se îndrepta spre Anglia pentru a deveni student la Cambridge, după ce-și luase licența la Madras, în India. Poate că mai mulți astrofizicieni ar trebui trimiși în călătorii lungi pe mare...

Teoria pe care a propus-o inițial a fost aspru criticată de unii astronomi importanți, care au luat în derâdere ideea că o stea ar putea eventual depăși stadiul de pitică, devenind un obiect cu o densitate atât de mare încât, după cum a spus-o chiar el, „trebuie să facem speculații cu privire la alte posibilități". Principalul său adversar a fost Sir Arthur Eddington, considerat îndeobște cel mai important astrofizician al timpului. Discuțiile dintre eminentul profesor și tânărul student au devenit într-adevăr aprinse și au rămas în istorie. Într-o scrisoare

◀◀ **Galaxia spirală mare NGC 1232**

Imagini splendide ale unor galaxii îndepărtate, precum aceasta realizată cu Telescopul Foarte Mare al Observatorului European Sudic, sunt acum banale, dar asemenea rezultate nu ar fi fost posibile fără bazele puse de generații de astronomi talentați.



▶ **Universul văzut de observatorul Chandra cu raze X**

Denumit după Chandrasekhar, satelitul *Chandra* cu raze X al NASA a surprins această imagine la ciocnirea galaxiilor Antennae.

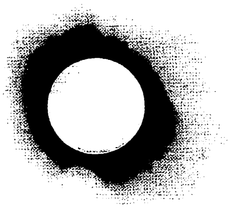
adresată părinților săi, Chandrasekhar scria: „Diferențele sunt de natură politică. Prejudecăți! Prejudecăți! Eddington este pur și simplu îngâmfat. Iată un exemplu de insolență: «În cel mai rău caz, putem da crezare teoriei dumneavoastră. Vedeți, eu nu o privesc din perspectiva stelelor, ci a Naturii...» «Natura» înseamnă pur și simplu «Eddington personificat ca înger». Ce argumente poți aduce unui îngâmfat atât de nerușinat?" Este uimitor că, în ciuda acestor dispute, Chandrasekhar și Eddington au rămas în relații amicale.

Chandra a devenit profesor emerit la Chicago și o dată a condus 320 km dus-întors ca să-și țină cursul – pentru a afla că, din cauza unei furtuni de zăpadă puternice, în sală erau doar doi studenți – Tsung Dao Lee și Chen Ning Yang, care aveau să obțină Premiul Nobel în 1957 – înaintea lui Chandra însuși.

La 23 iulie 1999, NASA a lansat un satelit cu raze X, numit inițial AXAF (Advanced X-Ray Astrophysics Facility), dar redenumit Chandra, care înseamnă „luminos" în sanscrită. A fost o reușită, și satelitul încă funcționa în 2004.

▼ **Negativul eclipsei observate de Eddington**

Extras din raportul privind expediția pentru observarea eclipsei din 1919, întreprinsă pentru a verifica predicția lui Einstein că lumina ar fi curbată de Soare.



Arthur Stanley Eddington (1882–1944)

Arthur Eddington a fost unul dintre cei mai importanți astrofizicieni ai secolului XX. Geniul lui s-a manifestat de timpuriu; după absolvire a fost asistent principal la Observatorul Regal din Greenwich (1906–1913) și apoi a devenit profesor la Cambridge. În 1919 Eddington a luat parte la un experiment celebru. Albert Einstein prezisese că, dacă lumina stelelor ar trece pe lângă un corp masiv precum Soarele, ea ar fi deviată cu un unghi de două ori mai mare decât prevede teoria lui Newton. Stelele și Soarele pot fi văzute simultan de pe Pământ numai în timpul unei eclipse totale de soare, și în 1919 Eddington a plecat să observe stelele în timpul unei eclipse vizibile din insula Principe, pe coasta de vest a Africii. Se spune că unul dintre conducătorii expediției l-a întrebat pe astronomul regal ce se va întâmpla dacă devierile la care se așteptau nu se verificau în realitate. „În acest caz, a răspuns el, Eddington va înnebuni și va trebui să vă întoarceți singuri."

Devierile au fost observate în ciuda unor condiții destul de proaste, exact așa cum prevăzuse Einstein, deși este posibil, într-adevăr, să fi intervenit și norocul în observațiile lor.

Eddington s-a întors în Marea Britanie triumfător, anunțându-și rezultatele în versuri: „Oh, lăsați-i pe înțelepți să confrunte calculele noastre / Razele de lumină – când se apropie de Soare – nu merg drept".

În paranteză fie spus, ca pacifist și quaker, Eddington a refuzat să se înroleze în Primul Război Mondial, dar a fost scutit de serviciul militar datorită realizărilor sale științifice. În 1919, confirmarea predicției unui german de către un savant englez a avut un ecou imens și începând din acel moment Einstein și Eddington au avut statut de superstaruri. Comunitatea științifică a fost mai puțin impresionată de rezultate, care nu erau prea clare din cauza norilor, confirmarea adevărată urmând să vină abia la expediția ocazionată de următoarea eclipsă, în 1922.

Valoarea contribuțiilor lui Eddington la astronomia stelară poate fi cu greu exagerată. Cartea lui *The Internal Constitution of Stars (Structura internă a stelelor)*, publicată în 1926, poate fi considerată o lucrare clasică. A fost și unul dintre principalii colaboratori la teoria relativității. Se pare că i-a fost sugerat că numai trei oameni, incluzându-l pe Einstein, cunoșteau pe deplin relativitatea. Eddington s-a oprit și s-a gândit o clipă, după care a spus: „Interesant. Cine este al treilea?"

Eddington a fost un scriitor de succes și unul dintre primii care au realizat emisiuni radiodifuzate despre astronomie. A făcut și greșeli, iar unele dintre criticile colegilor săi au fost foarte viguroase – ca să folosim un eufemism. Dar el va rămâne în istoria științei drept unul dintre principalii întemeietori ai astrofizicii teoretice moderne.

Albert Einstein (1879–1955)

Puțini se îndoiesc că Albert Einstein este cel mai mare savant de la Newton încoace – și totuși, la început, cariera lui nu părea deloc promițătoare! A început ca elev la München și în următorii ani a dat mai multe examene la universitate, căzând la cele mai multe. În 1901 preluase un post de profesor suplinitor la o școală și scria: „Am renunțat la ambiția de a ajunge la o universitate". În 1902 a început să lucreze la Oficiul Elvețian pentru Patente din Berna, unde a rămas până în 1909. În 1986 a renunțat la cetățenia germană, deși nu a devenit cetățean elvețian decât în 1901.

În 1905, când încă lucra la Oficiul pentru Patente, a scris trei studii, fiecare dintre ele demn de un Premiu Nobel – pe care însă nu l-a primit decât în 1921. Primul studiu arăta că energia electromagnetică este emisă în „pachete" sau cuante, nu continuu, contribuind la punerea bazelor mecanicii cuantice. Al doilea propunea teoria specială a relativității, afirmând că masa și energia sunt strâns legate. Al treilea aborda mecanica statistică.

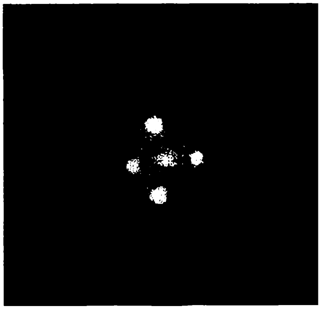
Oricare dintre aceste lucrări ar fi fost suficiente pentru o viață de studiu, dar pentru Einstein erau doar începutul; în 1908 a devenit lector la Universitatea din Berna, iar în anul următor a demisionat de la Oficiul pentru Patente pentru a deveni profesor de fizică la Universitatea din Zürich. În 1914, s-a întors în Germania pentru a ocupa posturi la universități importante, păstrându-și însă cetățenia elvețiană. La scurt timp, în 1915, a publicat teoria generală a relativității.

Einstein devenise deja celebru în întreaga lume, iar în 1919 una dintre predicțiile sale bazate pe teoria relativității – curbarea razelor de lumină la trecerea pe lângă un corp masiv – a fost verificată de expediția britanică pentru observarea eclipsei de soare, condusă de cercetătorul Arthur Eddington.

Einstein și-a dedicat cea mai mare parte a restului carierei combaterii direcției pe care o luase fizica cuantică. Această teorie se bazează în esență pe probabilitate, iar răspunsul lui Einstein a fost simplu și direct: „Dumnezeu nu joacă zaruri!"

▼ Crucea lui Einstein

Lumina emisă de un quasar aflat în plan secundar este curbată în jurul unei galaxii aflate în prim-plan formând patru imagini ale quasarului



Einstein a vizitat prima dată Statele Unite în 1921, apoi au urmat și alte vizite. În 1933, când naziștii au ajuns la putere în Germania, ca evreu, Einstein a avut înțelepciunea să nu se întoarcă acolo și a rămas în Statele Unite până la sfârșitul vieții. A devenit cetățean american în 1940. În 1952 i s-a propus să devină primul președinte al Israelului, dar a refuzat.

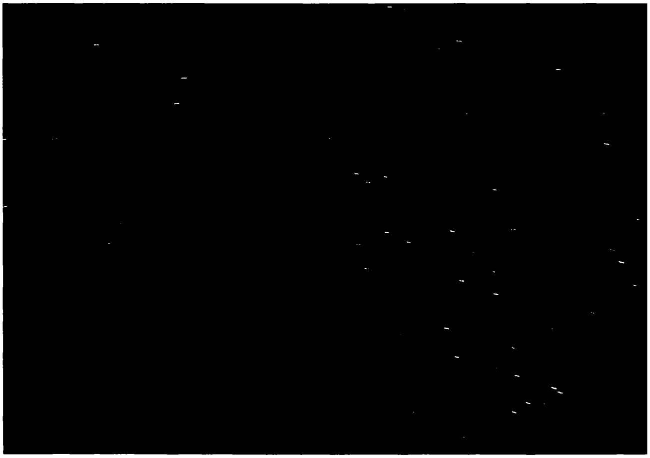
Toată viața, Einstein a luptat pentru pacea mondială. Când Patrick Moore l-a cunoscut în 1939, el s-a dovedit a fi exact așa cum se așteptase Patrick. Cu doar o săptămână înainte să moară, la 18 aprilie 1955, Einstein i-a scris o scrisoare filozofului Bertrand Russell, consimțind ca numele lui să apară pe un manifest prin care se cerea tuturor națiunilor să renunțe la armele nucleare.

Printre altele, Einstein a fost un foarte bun violonist. Se spune că odată cânta în duet cu un violonist profesionist și a făcut o greșeală. Violonistul profesionist s-a uitat la el cu milă și i-a spus: „Albert, problema ta este că nu știi să numeri!"

George Ellery Hale (1868–1938)

George Hale s-a născut la Chicago și a manifestat de timpuriu un interes deosebit pentru astronomie. Părinții lui erau bogați și i-au putut oferi un observator bine utilat. Îl interesa mai ales Soarele și a fost primul care și-a dat seama că petele solare sunt în fond niște fenomene magnetice, produse de răcirea suprafeței solare strălucitoare atunci când aceasta este străpunsă de liniile de forță magnetică de dedesubt. Dar nu după mult timp și-a îndreptat atenția către stele, ceea ce însemna că trebuia să folosească niște tehnici foarte diferite. Dacă pentru a observa Soarele există prea multă lumină, în cazul stelelor este esențial să fie colectată și cea mai mică lumină disponibilă.

Hale cerea adesea „Mai multă lumină!" și pentru a o obține avea nevoie de telescoape din ce în ce mai mari. După ce întocmea planurile instrumentelor de care avea nevoie, se pricepea de minune să-i convingă pe milionarii binevoitori să le finanțeze. Uneori, folosea niște metode originale. Odată, la o recepție la care era invitat și un milionar care i-ar fi putut fi de folos, dar care era așezat la altă masă, Hale s-a strecurat în sala de mese și a inversat



▶ Telescopul Hale cu diametrul de 5 m

Telescopul de la Palomar, în California, fotografiat pe fundalul Căii Lactee.

etichetele, ca să stea lângă milionar. Până când s-au servit brânza și biscuiții, îl convinsese să finanțeze un telescop uriaș!

Hale a fost forța motrice care a determinat construirea a patru instrumente foarte importante: refractorul cu diametrul de 1 m de la Observatorul Yerkes din Wisconsin, terminat în 1897, care este și probabil va rămâne cel mai mare din lume; reflectorul cu diametrul de 1,5 m de la Observatorul Mount Wilson, pus în funcțiune în 1908, și cel cu diametrul de 2,5 m, terminat în 1917, ambele instalate lângă Pasadena, în California; telescopul de la Mount Palomar cu diametrul de 5 m, aflat de asemenea în California, care a văzut prima dată „zorile" în 1948.

Se spune că Hale nu a mai apucat să-l vadă. Timp de mulți ani telescopul cu diametrul de 5 m, care acum îi poartă numele, a fost unic, și și-a demonstrat aproape imediat puterea enormă de colectare a luminii. Walter Baade l-a folosit pentru a cerceta variabile Cefeide îndepărtate din galaxii externe, demonstrând că galaxiile se află la o distanță de două ori mai mare decât se crezuse.

Timpurile s-au schimbat și majoritatea noilor observatoare sunt construite prin colaborarea guvernelor mai multor țări sau ca rezultat al unor tratate internaționale, nu în urma unei cine savuroase. Dar fără George Ellery Hale, cercetările asupra naturii și evoluției Universului ar fi progresat mult mai lent.

▲ **Fred Hoyle**

Sir Fred Hoyle și Patrick Moore (fotografie din 1982).

Fred Hoyle (1915–2001)

Fred Hoyle – Fred a fost numele de botez, nu Frederick, nici Alfred – a fost unul dintre cei mai influenți și controversați astronomi ai timpurilor moderne. Din când în când se înșela când cei mai mulți aveau dreptate – dar s-a întâmplat și să aibă dreptate când aproape toți ceilalți greșeau!

S-a născut la Bingley, în Yorkshire, unde tatăl său era negustor de lână. A urmat liceul din localitate și a obținut o bursă la Emmanuel College, Cambridge, unde a studiat matematica. A fost atras de astrofizică mai ales datorită colaborării lui cu Raymond Lyttleton, împreună cu care a scris studii despre acreția (acumularea de materie) și evoluția stelară.

În al Doilea Război Mondial, a lucrat la o stație radar alături de Hermann Bondi și Thomas Gold; în afara serviciului discutau despre astronomie. În 1948, după ce războiul s-a terminat, Bondi și Gold au formulat teoria cosmologică a stării stabile, pe care Hoyle a susținut-o imediat și la care a colaborat. Nu și-a abandonat niciodată convingerea, nici atunci când s-a demonstrat că ideea creației continue era, cel puțin în forma ei originală, imposibil de susținut.

În 1945 s-a întors la Cambridge, iar în 1958 a devenit profesor de astronomie la catedra Plumian. La Cambridge a scris cele mai strălucite lucrări ale sale și timp de câțiva ani a fost considerat cel mai important astrofizician din lume; o mare parte dintre cunoștințele pe care le avem despre evoluția și structura stelelor i se datorează. Nu există nici o îndoială că ar fi trebuit să împartă Premiul Nobel cu colaboratorul lui, Alfred Fowler, în 1983, și nu și-a ascuns nemulțumirea că a fost trecut cu vederea.

Mulțumită propagandei pe care a făcut-o și a eforturilor sale de a strânge fonduri, în 1966 a fost înființat Institute of Theoretical Astronomy (Institutul de Astronomie Teoretică). Institutul a dobândit repede o reputație internațională; Hoyle obișnuia să-i atragă pe profesorii universitari invitați să predea o vară sau două promițându-le că vor putea fotocopia pe gratis cursurile! Clădirea Institutului poartă acum numele lui. Din păcate, relațiile lui cu colegii nu au fost întotdeauna foarte bune, și a plecat de la Cambridge pe neașteptate

în 1972, retrăgându-se la casa lui din Lake District, unde a rămas până când s-a mutat la Bournemouth, un oraș liniștit de pe coasta de sud a Angliei. A mai scris multe cărți, de la romane la dizertații despre panspermie și paleontologie; trebuie să spunem că nu toate aceste lucrări i-au consolidat reputația, și cel puțin una dintre ele, în care dezvolta teza că fosila *Archaeopteryx* era un fals, e mai bine să fie dată uitării.

A fost un excelent realizator de emisiuni radio; prima serie de emisiuni pe care le-a realizat pentru BBC, *The Nature of the Universe (Natura Universului)*, s-a bucurat de o enormă popularitate și influență, dar s-a dovedit atât de controversată încât a trebuit să se întrunească o comisie specială, din care făceau parte printre alții astronomul regal și arhiepiscopul de Canterbury, pentru a hotărî dacă emisiunile ar trebui să continue. În 1957 a scris un roman științifico-fantastic clasic, *The Black Cloud (Norul negru)*, apoi și altele, printre care se numără *A for Andromeda (A de la Andromeda)*, care a devenit un serial TV de succes.

Hoyle a murit la Bournemouth în 2001 și a fost regretat de prietenii și colegii săi din toată lumea. Chiar și cei care nu erau de acord cu unele dintre opiniile sale nu i-au contestat niciodată inteligența, originalitatea și integritatea.

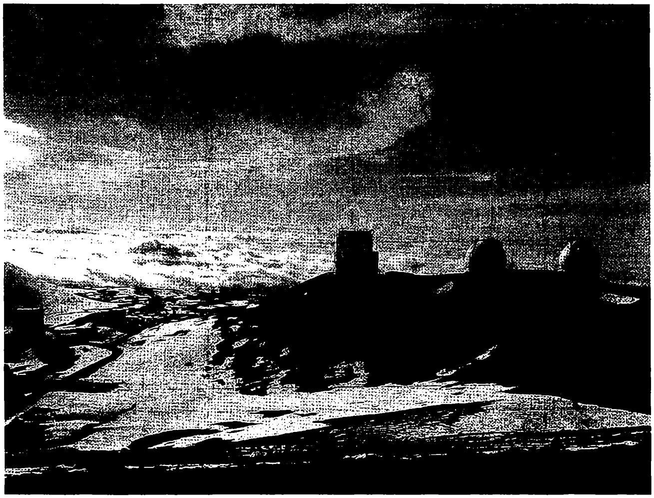
Edwin Powell Hubble (1889–1953)

Edwin Hubble este considerat în general cel mai mare astronom american din toate timpurile. S-a născut la Marshfield în Missouri și în timpul școlii s-a remarcat nu doar prin rezultatele la învățătură, ci și prin calitățile sale de sportiv; a fost un bun boxer amator și un jucător de baseball talentat. A studiat dreptul și a câștigat o bursă Rhodes la Universitatea Oxford din Anglia. S-a simțit bine acolo și și-a păstrat întotdeauna un oarecare „accent oxfordian". Când Statele Unite au intrat în Primul Război Mondial, Hubble s-a înrolat în armată și a ajuns la gradul de maior. Spre dezamăgirea sa, nu a participat la lupte, dar după război îi plăcea când oamenii i se adresau cu „domnule maior Hubble".

A hotărât până la urmă că nu dorea să profeseze dreptul, afirmând că ar vrea să devină mai degrabă un astronom de mâna a treia decât un avocat de mâna întâi. După absolvire, a putut folosi telescopul Hooke cu diametrul de 2,5 m de la Mount Wilson. A căutat variabile Cefeide în câteva dintre galaxiile spirale și le-a găsit. A determinat perioadele lor, și deci distanțele la care se aflau, demonstrând mai presus de orice îndoială că acestea erau prea departe pentru a face parte din galaxia noastră; rezulta în mod necesar că erau sisteme externe. După Cefeidele din galaxia spirală Andromeda, Hubble a calculat distanța la care se află aceasta, 900 000 de ani-lumină, care mai târziu a fost redusă la 750 000 de ani-lumină. Această cifră era considerabil mai mică decât cea corectă – exista o eroare în scara Cefeidelor, care nu a ieșit la iveală decât în studiile lui Walter Baade din anii 1950 –, dar ideea de bază fusese deja lansată.

La Observatorul Lowell din Arizona, Vesto Slipher descoperise că, în afară de câteva sisteme învecinate (cele pe care le numim acum Grupul Local), toate galaxiile se îndepărtează de noi. Hubble a descoperit că distanța era legată de viteza cu care acestea se îndepărtează: cu cât este distanța mai mare, cu atât mai mare este viteza. Vitezele au putut fi măsurate spectroscopic folosind efectul Doppler; s-a ajuns la concluzia că întregul Univers se extindea. În toate aceste măsurători, Hubble a fost ajutat de Milton Humason, care și-a început cariera cărând cu căruța materiale pentru construcția observatorului de pe Mount Wilson și care a ajuns până la urmă unul dintre astronomii cei mai eminenți și respectați din lume.

Humason a murit în 1972, iar Hubble în 1953, tocmai când noul reflector de la Palomar arăta că studiile anterioare asupra distanței la care se aflau galaxiile trebuiau revizuite. Hubble



◀ **Vârful vulcanului Mauna Kea**

Kuiper și-a dat seama că în vârful vulcanului Mauna Kea, cu o înălțime de peste 4 300 m, atmosfera va fi uscată și limpede, favorabilă observațiilor astronomice. Telescopul Subaru se află în centru, iar în dreapta se văd cupolele telescoapelor gemene Keck.

a fost activ până aproape de sfârșitul vieții. Astăzi numele lui este purtat de constanta Hubble, care leagă viteza cu care se îndepărtează galaxiile de distanța la care ele se află de noi, calculată a fi în prezent de aproximativ 69 km pe secundă pe megaparsec. Bineînțeles, primul mare telescop spațial a fost numit tot în onoarea lui.

Gerard Kuiper (1905–1973)

Născut în Olanda, Gerard Kuiper și-a desfășurat cea mai mare parte a carierei în America de Nord și a obținut cetățenia americană în 1933. Kuiper și-a făcut studiile în Olanda, apoi a emigrat. A fost directorul Observatorului Yerkes din Wisconsin din 1947 până în 1949 și din 1957 până în 1960, când a părăsit această funcție pentru a deveni primul director al Laboratorului Lunar și Planetar din Tucson, Arizona. Ocupa încă această funcție la moartea sa, survenită 13 ani mai târziu.

Îl interesa în primul rând sistemul solar; a descoperit cel de-al doilea satelit al lui Neptun, Nereida, iar în 1944 a demonstrat că Titan, cel mai mare satelit al lui Saturn, are o atmosferă densă. Numele lui este legat de Centura Kuiper formată din obiecte cosmice mici aflate dincolo de Neptun; Pluto a fost primul dintre acestea, dar în prezent sunt înregistrate mai mult de o mie de astfel de obiecte.

În ciuda succeselor sale, era conștient că la suprafața Pământului condițiile de vizibilitate lasă foarte mult de dorit și că rezultatele cele mai bune se obțin la altitudini mari – pe vârfurile munților. Lucrând pe teren la Mauna Kea în Hawaii, a observat că ultimul lucru pe care îl vedea când cerul se înnora era vârful Mauna Kea deasupra norilor. Acest vulcan inactiv de pe Insula Mare se înalță la 4 300 m deasupra nivelului mării, iar la această înălțime aerul conține numai 30% din cantitatea normală de oxigen, ceea ce poate fi periculos: oamenii reacționează diferit și unii nu pot suporta deloc aceste condiții. Mai mult, a lucra la o asemenea altitudine nu este deloc ușor. Procesele de gândire sunt considerabil încetinite.

▲ **Bernard Lovell**

Sir Bernard Lovell intervievat de Patrick Moore în 1968.

Nu existau drumuri pe Mauna Kea și întreaga zonă era aridă. Cu toate acestea, Kuiper era nerăbdător să construiască un observator acolo. La început, puțini l-au sprijinit, dar până la urmă a reușit, iar astăzi vârful vulcanului este plin de telescoape, printre care: reflectoarele Keck, UKIRT (The United Kingdom Infrared Telescope – Telescopul cu Infraroșii al Marii Britanii) și JCMT (The James Clerck Maxwell Microwave Telescope – Telescopul cu Microunde James Clerck Maxwell). În general, condițiile de vizibilitate sunt excelente. Kuiper avusese dreptate.

De asemenea, Kuiper a fost unul dintre principalii susținători ai primelor misiuni spațiale către alte planete și a participat la planificarea orbitelor navelor spațiale. A văzut aselenizarea, dar, din păcate, a murit înainte ca principalele programe planetare să fie demarate.

Mauna Kea este un loc fascinant, care se vede de pe muntele geamăn, Mauna Loa, și de pe cel învecinat, Kilauea, doi dintre cei mai activi vulcani din lume. Mauna Kea este un vulcan inactiv. Cel puțin, sperăm că așa este: o erupție a acestuia ar fi dezastruoasă pentru marile observatoare instalate acolo.

Bernard Lovell (1913–)

Bernard Lovell – care nu a folosit niciodată celelalte două nume pe care i le-au dat părinții, Alfred și Charles – s-a născut în Gloucestershire și și-a început cariera științifică absolvind Facultatea de Fizică din Bristol. A devenit specialist în cercetarea razelor cosmice la Universitatea din Manchester, dar în 1939, când a izbucnit războiul, a început să lucreze pentru Ministerul Forțelor Aeriene, unde a adus contribuții foarte valoroase prin folosirea radarului pentru detecție și pentru navigație. La sfârșitul războiului activitatea din acest departament a fost folosită în astronomie și Lovell a obținut un radar mobil care aparținuse armatei pentru studiile sale asupra razelor cosmice, dar interferențele provocate de tramvaiele electrice din oraș l-au determinat să-și mute echipamentul la Jodrell Bank, un sat învecinat. Inițial a existat o neînțelegere între cei doi țărani care vindeau pământul, iar oamenii de știință s-au pomenit odată față în față cu un taur foarte nervos!

Lovell și-a îndreptat atenția către detectarea traiectoriilor meteorilor cu ajutorul radarului, ceea ce avea să conducă la realizări mai mari. În 1951 a fost numit profesor de radio-astronomie la Universitatea din Manchester. A proiectat un radiotelescop dirijabil mare și după multe încercări și necazuri a reușit să-l construiască. Inevitabil, a costat mult mai mult decât se estimase inițial; Lovell și-a asumat riscurile – la un moment dat, s-a sugerat chiar că ar putea fi condamnat la închisoare! În mod caracteristic, când criza era la apogeu, iar Lovell a fost citat să se întâlnească cu niște oficiali foarte importanți din partea guvernului, el juca cricket – cu mare succes, căci era un jucător excelent.

Situația financiară a fost salvată de lansarea primului satelit artificial sovietic, *Sputnik 1*. În afara Rusiei, doar „farfuria" cu diametrul de 76,2 m, abia terminată, de la Jodrell Bank, a putut să-l detecteze și Lovell s-a transformat aproape peste noapte dintr-un risipitor nesăbuit într-un erou național. Deși detectarea sateliților a fost întotdeauna o componentă minoră a activității sale, discul gigantic mai este folosit din când în când și în acest scop. A detectat semnale emise de sonda *Huygens* a Agenției Spațiale Europene când aceasta a aterizat pe Titan la începutul anului 2005.

Telescopul de la Jodrell Bank a marcat începutul perioadei moderne a radio-astronomiei și a primit numele de Telescopul Lovell cu ocazia celei de-a 30-a aniversări. Inscripția „1956-1986" a fost pictată pe disc – fără știrea lui Sir Bernard, care a trebuit să fie ținut departe de telescop până la ceremonia de dezvelire. (Unul dintre noi – Patrick Moore – s-a implicat activ în acest complot!)

Deși telescopul cu diametrul de 76,2 m nu mai este cel mai mare radiotelescop din lume, influența lui a fost enormă. Fără hotărârea și energia lui Lovell, el nu ar fi fost construit, și îl putem considera pe savantul britanic drept „Isaac Newton al radioastronomiei".

▲ **Martin Rees**
Martin Rees și Patrick Moore la deschiderea Planetariului South Downs din Chichester, Anglia.

Martin Rees (1942–)

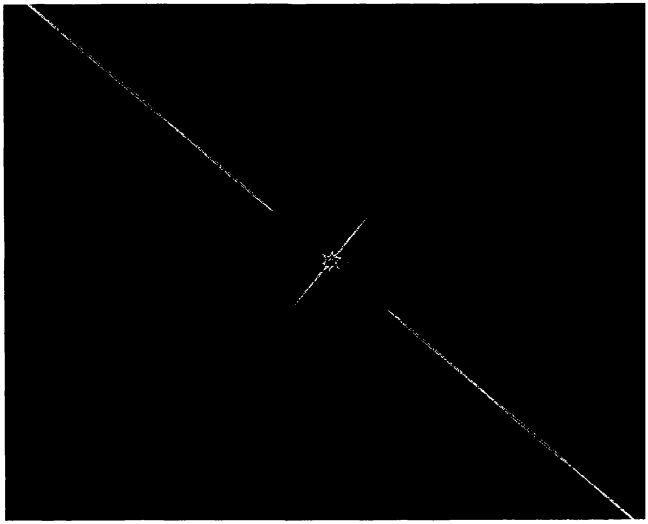
Martin Rees și-a petrecut copilăria în Shropshire, dar a absolvit Universitatea Cambridge, unde și-a desfășurat întreaga carieră. A fost unul dintre principalii cercetători ai naturii găurilor negre și îi datorăm progrese majore în înțelegerea quasarilor, a exploziilor de raze gamma, a formării galaxiilor și a fondului cosmic de microunde. De fapt, a contribuit la dezvoltarea aproape a tuturor ramurilor astrofizicii și cosmologiei.

A manifestat întotdeauna un interes deosebit pentru natura obiectelor compacte; de exemplu, a prezis (corect) că se vor găsi găuri negre masive lângă centrele galaxiilor, inclusiv în galaxia noastră. Tot el a fost printre primii care au determinat natura exploziilor ciudate, extrem de violente, cunoscute sub numele de explozii de raze gamma.

În încercarea de a explica cum a apărut Universul din Epoca Întunecată, a studiat modul cum prima generație de stele, quasari și galaxii au format și apoi au ionizat o mare parte a Universului. A făcut primele predicții despre polarizare și despre alte caracteristici detaliate ale fondului cosmic de microunde.

În afară de aceasta, Rees ține conferințe, participă la emisiuni la radio și televiziune și scrie cărți de succes. Ca scriitor este aproape de neegalat: are capacitatea de a scrie despre subiecte foarte dificile și de a le face să pară simple, iar acest talent i-a fost de mare ajutor în perioada în care a ocupat funcția de astronom regal, între 1995 și 2005. A fost întotdeauna un susținător entuziast al colaborării internaționale în domeniul științific și când guvernul britanic plănuia să închidă Observatorul Regal din Greenwich, care fusese fondat din ordinul regelui Charles II, Rees a făcut tot ce i-a stat în putere să-l salveze. Din păcate, nu a reușit; administrația civilă se hotărâse deja.

◀ **Câmp de fire**
Martin Ryle a fost forța motrice care a determinat dezvoltarea grupului de radioastronomi din cadrul Laboratorului Cavendish din Cambridge, o tradiție care continuă și azi. Printre contribuțiile cele mai importante ale grupului de la Cambridge se numără dezvoltarea primelor cataloage sistematice de surse radio și descoperirea pulsarilor. Acest rezultat spectaculos – și neașteptat – a fost obținut cu telescopul din imagine, care se întinde pe 4 acri. În 1974, Ryle și colegul său, Anthony Hewish, au primit Premiul Nobel pentru fizică pentru studiile lor.



▶ Disc de acreție în jurul unei găuri negre
Văzut de telescopul Chandra cu raze X, care se rotește în jurul Pământului. Opera teoretică a lui Schwarzchild a stat la baza studiilor asupra găurilor negre.

Este evident că opera lui Rees a avut un impact extraordinar în astronomie, nu numai datorită studiilor pe care le-a întreprins el însuși, ci și pentru că i-a încurajat și pe alții să facă cercetări. În prezent, este membru al Camerei Lorzilor și a devenit președintele Societății Regale de Științe.

Martin Ryle (1908–1984)

Martin Ryle, unul dintre cei mai importanți radioastronomi ai secolului XX, este cunoscut în special pentru că a construit niște radiotelescoape revoluționare și le-a folosit pentru a face măsurători privind galaxiile cele mai îndepărtate cunoscute atunci. S-a născut la Brighton, a absolvit Universitatea Oxford, obținând licența în fizică în 1939 și apoi, în al Doilea Război Mondial, a lucrat la proiectarea și construcția de radare.

După război s-a mutat la Laboratorul Cavendish de la Cambridge; la această universitate și-a desfășurat restul carierei științifice. În perioada petrecută acolo, a condus activitatea de redactare a cataloagelor de surse radio. Studiul 3C întocmit în 1959 și cuprinzând 471 de surse este o lucrare de referință, încă folosită ca o importantă sursă de date, iar în studiul 4C erau înregistrate peste 5 000 de surse radio. Printre cele mai importante descoperiri din această epocă a fost detectarea unor diferențe certe între galaxiile locale și cele îndepărtate din Univers, care au constituit prima bază observațională reală pentru teoria Big Bangului, Ryle fiind un susținător entuziast al acestei teorii.

În 1972 Ryle i-a urmat lui Sir Richard Wolley în funcția de astronom regal: a fost primul astronom regal care nu și-a desfășurat activitatea în sediul Observatorului Regal din Greenwich și s-a spus că această abandonare a tradiției a dus indirect la închiderea Observatorului la sfârșitul secolului XX – o pierdere care poate fi considerată, de fapt, o consecință a vandalismului birocratic. Totuși, cu siguranță nu a fost vina lui Ryle. După

ce s-a pensionat din funcția de astronom regal în 1982, și-a dedicat timpul problemelor sociale și de mediu.

Karl Schwarzchild (1873–1916)

Schwarzchild s-a născut la Frankfurt, în Germania. Tatăl său era un om de afaceri prosper și Schwarzchild a avut o copilărie plăcută și liniștită. A început să fie interesat de astronomie la o vârstă fragedă și a economisit destui bani pentru a-și cumpăra un telescop. Și-a publicat primele două studii, despre teoria orbitelor stelelor duble, când avea doar 17 ani.

A studiat la Universitatea din Strasbourg, apoi a obținut doctoratul de la Universitatea din München. A publicat mai mult studii importante de astronomie stelară și s-a făcut cunoscut ca un excelent conferențiar. S-a spus că avea darul de a face problemele dificile să pară ușoare. A fost profesor la Universitatea din Göttingen și a devenit directorul observatorului de acolo. Apoi a devenit directorul Observatorului de Astrofizică de la Potsdam, postul cel mai prestigios pe care îl putea ocupa un astronom în Germania. Activitatea lui a fost încununată de succes; în această perioadă a făcut cercetări importante care au contribuit la progresul spectroscopici.

A venit apoi Primul Război Mondial. Din patriotism, Schwarzchild s-a înrolat voluntar în serviciul activ și, după ce a condus o stație meteorologică din Belgia, a plecat pe frontul rusesc pentru a calcula traiectoriile proiectilelor. Acolo, în mijlocul luptelor și înconjurat mereu de pericole, a scris două studii fundamentale, unul despre teoria cuantică și celălalt despre teoria relativității formulată de Einstein. În acesta din urmă, Schwarzchild dădea prima soluție exactă a ecuațiilor gravitaționale generale ale lui Einstein, care a dus la înțelegerea geometriei spațiului din apropierea unui corp masiv. I-a trimis studiul lui Einstein, care a răspuns: „Nu m-am așteptat să poată formula cineva soluția exactă a problemei într-un mod atât de simplu". Aceste două articole au constituit baza studiilor ulterioare asupra găurilor negre.

Din păcate, Schwarzchild nu a avut șansa să facă mai mult. Din cauza condițiilor dure de pe frontul rusesc a contractat o boală de piele chinuitoare pentru care la vremea aceea nu exista tratament. În 1916 a fost lăsat la vatră din motive medicale, dar în zadar; a murit după două luni – victimă a unuia dintre războaiele fără sens purtate de omenire.

Nu a fost uitat: în 1960, Academia de Științe din Berlin l-a numit oficial cel mai mare astronom german al timpurilor moderne, iar un important observator construit la Tautenberg îi poartă numele. Fiul său, Martin, a devenit de asemenea un astronom reputat.

Harlow Shapley (1885–1972)

Harlow Shapley a adus multe contribuții importante în astronomie, dar va rămâne în istoria științei ca omul care a măsurat dimensiunea galaxiei și a demonstrat că, departe de a se afla în centrul acesteia, Soarele se găsește aproape de marginea sistemului principal.

Shapley s-a născut la Nashville în Missouri. Tatăl său era fermier, iar educația pe care a primit-o în copilărie a fost oarecum sumară. La șaisprezece ani, Shapley a abandonat școala și a devenit reporter la un ziar din Kansas. Intenționa să urmeze o carieră în jurnalism, dar când a încercat să se înscrie la Școala de Jurnalism a Universității din Missouri, a aflat că trebuia să aștepte încă un an înainte de a se elibera un loc – așa că s-a înscris la un curs de astronomie. De fapt, a devenit astronom din pură întâmplare.

După absolvire, Shapley a plecat la Princeton, unde șeful Departamentului de astronomie era Henry Norris Russell. Shapley a obținut doctoratul și apoi a început să lucreze la

Observatorul Mount Wilson din California, unde a rămas șapte ani; această perioadă a fost probabil cea mai fructuoasă din întreaga sa carieră. La Mount Wilson, Shapley s-a concentrat asupra dimensiunii și formei galaxiei. Cunoștea poziția roiurilor globulare pe cer – majoritatea se află în emisfera sudică – și, folosind variabilele Cefeide din acestea drept „candele standard", a putut calcula distanțele la care se află. Având în vedere că roiurile globulare se găsesc în jurul galaxiei principale, acest fapt i-a permis să calculeze dimensiunea sistemului. Valoarea la care a ajuns era mai mare decât cea reală, pentru că nu a putut lua în considerare „ceața interstelară", nici absorbția luminii de materia împrăștiată în Univers; dar făcuse pasul decisiv.

În altă privință s-a înșelat. Inițial, a crezut că „nebuloasele spirale" făceau parte din galaxia noastră și nu erau sisteme externe sau „universuri insulare", ceea ce a dus la o controversă bine cunoscută cu astronomul Heber D. Curtis. Se poate spune că aceasta s-a terminat onorabil, la egalitate. Shapley a avut dreptate în ceea ce privește dimensiunea galaxiei; Curtis a avut dreptate în legătură cu natura spiralelor.

Shapley a plecat de la Mount Wilson în 1920 pentru a deveni directorul Observatorului Colegiului Harvard, unde a rămas până la pensionarea sa în 1952. A scris cărți tehnice și pentru publicul larg și s-a implicat în administrație.

Unul dintre noi (Patrick Moore) își amintește cu drag de Shapley. În 1966 acesta a participat la o emisiune din seria *The Sky at Night (Cerul nopții)* împreună cu un alt astronom eminent, Baret Bok. Pe atunci era esențială folosirea unor inserturi în programul principal, iar noi stăteam toți pe un rând: Shapley, Moore și Bok. În timpul unei înregistrări, Shapley și Bok și-au schimbat locurile, premeditat. Nimeni nu a observat, până când s-a transmis emisiunea și aceștia își schimbau locurile într-un mod absolut uluitor!

Iakov Borisovici Zeldovici (1914–1987)

Iakov Zeldovici a fost cel mai mare savant al școlii sovietice de cosmologie care s-a dezvoltat în anii 1950 și 1960. S-a născut la Minsk, care era atunci în fosta Uniune Sovietică, iar astăzi este capitala Republicii Belarus.

De la vârsta de 17 ani, a lucrat la Institutul de Fizică Chimică al Academiei de Științe a URSS, de la Leningrad (oraș care și-a reluat vechiul nume, St. Petersburg), unde a învățat mai ales singur. A reușit cumva să scape de epurările ordonate de Stalin, în urma cărora atâția cercetători eminenți au fost uciși, și a devenit profesor la Universitatea de Stat din Moscova. A scris mai multe lucrări importante despre undele de șoc și dinamica gazelor și a jucat un rol important în dezvoltarea armelor nucleare și termonucleare sovietice.

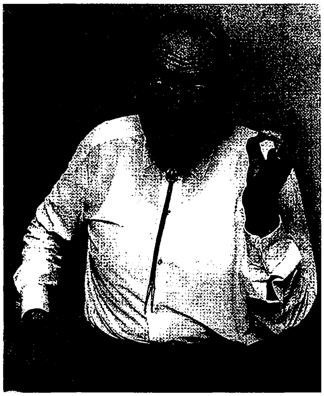
În anii 1950, Zeldovici și-a îndreptat atenția către fizica nucleară și teoria particulelor elementare. Abia după 1960 s-a concentrat mai ales asupra astrofizicii și cosmologiei; a devenit șeful Departamentului de astrofizică relativistă din cadrul Institutului Astronomic Sternberg din Moscova. A scris mai multe studii despre dinamica emisiei de neutroni în timpul formării găurilor negre, despre formarea roiurilor de stele și a galaxiilor și despre structura Universului la scară largă.

Împreună cu Rashid Sunyaev, Zeldovici a propus ceea ce se numește astăzi efectul Sunyaev-Zeldovici, o metodă importantă de detectare a roiurilor de galaxii, care are avantajul că este la fel de eficientă în Universul apropiat și în cel îndepărtat. În prezent se construiesc mai multe telescoape pentru a profita de descoperirea lui – pe atunci teoretică.

Poate că ideea lui Zeldovici care a avut cel mai mare ecou a fost aceea că un nor de materie cu masă foarte mare nu s-ar prăbuși uniform, ci ar dezvolta o serie de instabilități care i-ar

da o formă asimetrică. Rezultă o distribuție „în formă de clătită" a materiei, care poate fi observată într-adevăr în formarea roiurilor de galaxii și care este importantă în considerațiile privind structura la scară largă a Universului.

A fost un pionier prin încercările sale de a stabili o legătură între fizica particulelor și cosmologie și de a elabora o teorie care să unifice mecanica cuantică cu teoria gravitației. Pe lângă aceasta, a fost un profesor excepțional și conducătorul unuia dintre cele mai importante grupuri de cercetători în domeniul relativității generale și cosmologiei din lume. A primit multe premii și distincții. A trăit în vremuri marcate de numeroase schimbări în fosta URSS (în Rusia de azi), dar se pare că a avut o carieră științifică fără întreruperi. A murit la Moscova în 1987.



▲ **Fritz Zwicky**

Fritz Zwicky (1898–1974)

Zwicky, unul dintre cei mai străluciți și mai excentrici astronomi ai timpurilor moderne, s-a născut în Bulgaria, dar părinții săi erau elvețieni, iar el și-a păstrat întotdeauna naționalitatea elvețiană. A absolvit Universitatea din Zürich, apoi, în 1925, a emigrat în Statele Unite și s-a angajat la Institutul de Tehnologie din California. A rămas acolo definitiv, devenind profesor de astrofizică în 1942 și deținând acest post până la pensionarea sa în 1968.

Prima sa contribuție importantă în astronomie privește istoria stelelor cu masă foarte mare. Zwicky și-a dat seama că atunci când „combustibilul" nuclear al acestora se epuizează, ele explodează cu violență; el a inventat termenul de „supernovă". Știa că supernovele sunt rare în galaxia noastră, dar a calculat că ar trebui să existe o supernovă o dată la 200–400 de ani; aceasta înseamnă că ar fi trebuit să descoperim deja o supernovă galactică de când s-a inventat telescopul, iar acest lucru nu s-a întâmplat, ceea ce este frustrant, ca să nu spunem mai mult! Același lucru ar fi valabil și pentru alte galaxii. Zwicky a putut folosi unul dintre principalele telescoape de pe Mount Wilson pentru a căuta supernove și până în 1936 descoperise 36 – mult mai multe decât se așteptaseră majoritatea oamenilor. Ca și Walter Baade, a sugerat că după explozia unei supernove rămășița stelei se va prăbuși formând o sferă mică, extrem de densă, compusă numai din neutroni. Și această idee a fost primită cu un oarecare scepticism, dar s-a dovedit corectă.

Zwicky a studiat de asemenea modurile în care se mișcă stelele și galaxiile și și-a dat seama că un roi de galaxii s-ar dispersa repede dacă nu ar fi „lipit", ținut laolaltă de materia pe care nu o vedem; de fapt, în studiile sale este menționată prima dată „materia neagră", pe care astronomii moderni o consideră predominantă în Univers.

Toate aceste cercetări erau strălucite, însă Zwicky era un tip neobișnuit. A spune că era irascibil înseamnă a folosi un eufemism; oricine nu era de acord cu el era considerat un dușman de moarte. Zwicky era foarte puternic și obișnuia să stea în mâini în sala de mese a observatorului pentru ca toată lumea să-l vadă. Îi numea pe colegii săi „ticăloși sferici" – pentru că, în opinia lui, păreau niște ticăloși din orice direcție se uita la ei. Era convins că alții îi furau ideile fără să-i recunoască meritele și îl dușmănea mai ales pe Edwin Hubble. Odată a deschis trapa cupolei telescopului și i-a ordonat asistentului de noapte să tragă cu arma prin ea, susținând că acest lucru va îmbunătăți vizibilitatea (ceea ce nu s-a întâmplat).

Când s-a pensionat, probabil că nu multora dintre colegii săi le-a părut rău că pleacă. Dar, cel puțin, adusese contribuții remarcabile în astronomie, iar acestea le-au fost de mare folos „ticăloșilor sferici" care i-au urmat.

CRONOLOGIA UNIVERSULUI

Timp după Big Bang (D.B.)	Eveniment	În urmă cu / peste ... ani
0	Big Bang	În urmă cu 13,7 miliarde de ani
10^{-35} până la 10^{-33} secunde	Perioada inflaționară	
10^{-33} secunde	Apariția quarcurilor și antiquarcurilor	
10^{-5} secunde	Quarcurile se combină, formând protoni și neutroni	
10^{-3} secunde	Formarea atomilor de hidrogen și de heliu	
1 până la 3 minute	Formarea elementelor ușoare până la bor	
370 000 de ani	Emisia fondului cosmic de microunde – Universul devine transparent	
200 de milioane de ani	Formarea primelor stele, reionizarea	În urmă cu 13,5 miliarde de ani
3 miliarde de ani	Formarea galaxiilor mature, a quasarilor și a celor mai bătrâne stele din Calea Lactee	În urmă cu 10,4 miliarde de ani
9,1 miliarde de ani	S-a format sistemul solar, inclusiv Pământul	În urmă cu 5,6 miliarde de ani
9,9 miliarde de ani	S-au format primele fosile	În urmă cu 3,8 miliarde de ani
13,4 miliarde de ani	Primele reptile	În urmă cu 320 de milioane de ani
13,5 miliarde de ani	Africa se rupe de America; apar dinozaurii	În urmă cu 200 de milioane de ani
13,64 miliarde de ani	Dispar dinozaurii; mamiferele mici se diversifică	În urmă cu 65 de milioane de ani
13,695 miliarde de ani	Apar primatele, inclusiv primele maimuțe antropoide	În urmă cu 5 milioane de ani
13,6998 miliarde de ani	*Homo sapiens*	În urmă cu 195 000 de ani
13,6999 miliarde de ani	Sfârșitul ultimei ere glaciare, zorii lumii moderne	În urmă cu 10 000 de ani
13,7 miliarde de ani	**Prezentul**	
14,7 miliarde de ani	Pământul devine de nelocuit	Peste 1 miliard de ani
18,7 miliarde de ani	Soarele devine o uriașă roșie, Pământul este distrus	Peste 5 miliarde de ani
23,7 miliarde de ani	Soarele devine o pitică albă	Peste 10 miliarde de ani
10^{14} ani	Nu se mai formează stele, nici galaxii	Peste o sută de mii de miliarde de ani
10^{36} ani	50% dintre toți protonii s-au dezintegrat	
10^{40} ani	Nu mai există protoni, Universul e dominat de găuri negre	
10^{100} ani	Găurile negre se dezintegrează	
10^{150} ani	Era fotonilor: Universul va ajunge la o stare de energie extrem de scăzută?	

GLOSAR

An-lumină Distanța parcursă de lumină într-un an atunci când trece prin vid, echivalentă cu 9,5 x 10^{15} metri. Soarele se află la o distanță de opt minute-lumină de noi – lumina pe care o vedem a fost emisă în urmă cu opt minute. Cea mai apropiată stea de Pământ, după Soare, este la o distanță de 4,2 ani-lumină. Soarele se află la 26 000 de ani-lumină de centrul galaxiei Calea Lactee, care are un diametru de 100 000 de ani-lumină. Vedem corpurile cerești aflate la o distanță de 13 miliarde de ani-lumină așa cum arătau imediat după Big Bang.

Antimaterie Conform teoriilor moderne din fizica particulelor, fiecare tip de particulă are o antiparticulă, identică, dar cu sarcină electrică opusă. Aceste antiparticule sunt denumite colectiv antimaterie. De exemplu, antiparticula electronului este pozitronul. Când particula și antiparticula se ciocnesc, se anulează reciproc, eliberând energie și propulsând navele spațiale (cel puțin în literatura științifico-fantastică). În primele etape ale evoluției Universului existau cantități egale de materie și de antimaterie și nu este clar cum s-a ajuns la un Univers în care predomină materia.

Atom Anticii greci credeau că materia poate fi descompusă în elemente indivizibile, pe care le numeau atomi. Reprezentarea modernă a unui atom este foarte asemănătoare; acesta are un nucleu format din particule cu sarcină electrică pozitivă numite protoni și din particule neutre numite neutroni, înconjurat de electroni, niște particule cu masă mică și sarcină electrică negativă. Electronii și protonii au sarcini egale, dar de sens opus, deci atomul trebuie să conțină un număr egal din ambele tipuri de particule. De exemplu, carbonul are 12, iar atomul elementului cel mai ușor – hidrogenul – este format dintr-un singur proton și un singur electron. Specialiștii în fizica clasică considerau, în general, că electronul se învârtește în jurul nucleului precum planetele în jurul Soarelui, dar în fizica cuantică lucrurile nu sunt nici pe departe la fel de simple.

Barion Un barion este o particulă formată din quarcuri. Astfel de particule sunt quarcurile înseși, neutronii și protonii. Astronomii folosesc termenul de „materie barionică" pentru a distinge materia obișnuită din Univers de misterioasa materie neagră.

Calea Lactee O fâșie luminoasă de stele nu foarte strălucitoare care străbate cerul și care conține, pe lângă stele, multe nebuloase și nori de praf cosmic. Este proiecția discului galaxiei noastre, numită tot Calea Lactee, pe sfera cerească.

Căldură Definiția științifică a temperaturii este destul de diferită de cea curentă. Cu cât temperatura unui gaz este mai mare, cu atât atomii care îl compun se mișcă mai repede. Pe de altă parte, „căldură" se folosește de obicei pentru a desemna cantitatea de energie termică prezentă.

Cometă Corp ceresc format dintr-un conglomerat de gheață și materie solidă, care poate fi descris cel mai bine ca un „bulgăre de zăpadă murdar". Se crede despre comete că se formează în regiunile periferice ale sistemului solar, unde rămân într-un „rezervor" de comete numit Norul Oort până când sunt perturbate. Perturbările gravitaționale, cum ar fi trecerea unei stele prin apropiere, pot modifica orbita unei comete, astfel încât aceasta ajunge în sistemul solar interior. Pe măsură ce se apropie de Soare, gheața se topește și se formează bine cunoscuta coadă (întotdeauna în direcția opusă Soarelui). Deși unele comete sunt aruncate cu totul din sistemul solar, cele mai multe devin periodice și ajung regulat în vecinătatea noastră. Prima dintre acestea care a fost identificată a fost cometa Halley, care a trecut ultima oară prin sistemul solar interior în 1985–1986 și care are o perioadă de 76 de ani. Printre cometele spectaculoase observate recent se numără Hyakutake și Hale-Bopp la sfârșitul anilor 1990 și cometa Shoemaker-Levy 9, care s-a prăbușit pe Jupiter în 1994.

Constelație Grupare aparentă de stele pe cer, care are o formă recognoscibilă. Între stelele dintr-o constelație nu există legături fizice; aceste stele se pot afla la distanțe de mii de ani-lumină una de alta. Deși cartografii antici au preferat să-și creeze propriile constelații, în 1930 Uniunea Astronomică Internațională a ales 88 dintre acestea pe lista oficială. Multe dintre grupurile cele mai cunoscute – cum ar fi Carul Mare, care este doar o parte din Ursa Mare – nu sunt constelații oficiale, ci se numesc asterisme. Cea mai mare constelație este Hydra, Șarpele de Mare, și cea mai mică este Crux, Crucea Sudului. Deși constelațiile par stabile pe durata unei vieți omenești, stelele se mișcă încet și, cu timpul, bine cunoscutele forme ale constelațiilor vor dispărea.

Corp negru Un corp care emite și absoarbe radiație în mod ideal; o stea corespunde destul de bine definiției unui corp negru. Orice corp fierbinte emite radiație electromagnetică, iar în cazul unui corp negru spectrul acestei emisii este determinat în întregime de temperatura lui. Reprezentarea energiei în raport cu frecvența (sau culoarea) pentru un corp negru produce o curbă lină, ca o „cocoașă" (vezi pag. 58), cu o intensitate maximă în care frecvența crește odată cu temperatura. Dacă un obiect de metal, de exemplu un vătrai, este încins în foc, acesta se înroșește mai întâi, apoi devine portocaliu, galben și în cele din urmă alb incandescent. În mod similar, cele mai fierbinți stele au o culoare albă-albăstrie.

Cuantă Descoperirea fundamentală a mecanicii cuantice este că o particulă nu poate avea o cantitate arbitrară de energie, ci trebuie să aibă un număr întreg de mici „cărămizi" de energie, numite cuante. În viața de zi cu zi, efectele acestui fenomen sunt mici, deoarece o singură cuantă este o cantitate extrem de mică, însă la scara moleculelor și atomilor, situația este foarte diferită.

Deplasare spre roșu Este deplasarea caracteristicilor spectrale către capătul roșu al spectrului, observată în cazul unei surse ce se îndepărtează, datorită efectului Doppler. Astronomii folosesc deplasarea către roșu și ca o coordonată temporală; prezentul este echivalent cu o deplasare către roșu egală cu 0 și deplasarea către roșu observată crește când privim spre etapele cele mai timpurii ale evoluției Universului. Sursa cea mai îndepărtată observată până acum se află la o deplasare spre roșu de 6,4, echivalentă cu doar 870 de milioane de ani după Big Bang (și cu o distanță de 12,9 miliarde de ani-lumină).

Dimensiune Coordonată necesară pentru a specifica poziția. În viața cotidiană cunoaștem trei dimensiuni – lungimea, lățimea și înălțimea – alături de timp, care ar trebui considerat de asemenea o dimensiune. Unele dintre teoriile mai extravagante din fizica particulelor sugerează că ar putea exista alte dimensiuni „ascunse", care pot fi descoperite numai în urma unor experimente cu emisie de energie foarte mare.

Ecosferă Regiunea dintr-un sistem solar în care temperatura permite existența apei în stare lichidă pe suprafața unei planete stâncoase și, deci, existența vieții – presupunând, bineînțeles, că toate formele de viață au nevoie de apă, așa cum se întâmplă pe Pământ. În sistemul nostru solar, Venus se află prea aproape de Soare, iar Marte este în prezent prea

departe (deși este posibil ca în trecut situația să fi fost diferită). Cercetările având ca scop descoperirea unor planete în jurul altor stele nu sunt încă suficient de precise pentru a identifica planete de mărimea Pământului, dar s-a descoperit cel puțin un obiect cosmic cu masa egală cu a lui Jupiter, care se află în ecosfera sistemului solar din care face parte. Prin urmare, este posibil să existe apă în stare lichidă pe oricare dintre sateliții mari care se rotesc în jurul acelei planete îndepărtate, apă care ar putea întreține viața.

Ecuator Cerc imaginar desenat pe o sferă la distanță egală de ambii poli. Cunoaștem destul de bine ecuatorul Pământului, iar proiecția acestei linii pe cer reprezintă ecuatorul ceresc. Acesta este util ca punct de referință pentru sistemele noastre de coordonate, dar poziția lui pe cer nu are nici o semnificație fizică.

Efect Doppler Cunoaștem cel mai bine efectul Doppler din schimbarea de intensitate a sirenei unei ambulanțe când aceasta trece pe lângă noi. Undele emise de o sursă care se apropie se comprimă și de aceea par să aibă o tonalitate mai înaltă decât cele emise de o sursă staționară. Invers, undele emise de o sursă care se îndepărtează au o lungime mai mare, iar sunetul pare să aibă o tonalitate mult mai joasă. Cu cât viteza relativă a sursei față de observator este mai mare, cu atât modificarea lungimii de undă este mai mare. Același efect se aplică și în cazul luminii; diluarea luminii înseamnă că lumina emisă de o sursă care se îndepărtează pare că devine roșie, iar cea emisă de o sursă care se apropie pare că se deplasează spre capătul albastru al spectrului. Observațiile efectuate asupra unor galaxii din afara Căii Lactee arată că în spectrele tuturor acestor galaxii, cu excepția celor mai apropiate, se observă o deplasare către roșu, ceea ce înseamnă că toate par să se îndepărteze de noi. Cu cât mai departe se află o galaxie, cu atât mai repede pare să se îndepărteze de noi. Această descoperire a fost prima dovadă în sprijinul teoriei că Universul se extinde.

Electron Particulă cu masă mică (cântărind mai puțin decât o miime [0,001] de proton) cu sarcină electrică elementară negativă. Spre deosebire de protoni și de neutroni, electronii nu sunt compuși din quarcuri și par să fie particule cu adevărat „fundamentale" care nu pot fi descompuse în particule mai mici.

Energie Legea conservării energiei (cunoscută și ca prima lege a termodinamicii) este una dintre cele mai importante legi ale fizicii. Potrivit acestei legi, energia nu este creată, nici distrusă, ci poate fi doar transformată dintr-o formă în alta. Celebra ecuație $E=mc^2$ înseamnă pur și simplu că masa poate fi convertită în energie sau, în mod echivalent, că masa este doar o altă formă de energie. Reacțiile nucleare din centrele stelelor transformă masa în radiație și energie termică.

Explozie de raze gamma Cele mai puternice explozii din Univers, exploziile de raze gamma, au fost detectate prima dată de sateliții care căutau semne ale testării pe ascuns a armelor nucleare în timpul Războiului Rece. Cel puțin unele dintre aceste evenimente rapide sunt asociate cu exploziile supernovelor extrem de mari numite hipernove, însă altele se pot datora unor fenomene neobișnuite precum ciocnirile găurilor negre și stelelor cu neutroni. Dat fiind că sunt foarte strălucitoare, pot fi văzute chiar și în zone îndepărtate din Univers.

Formă standard Forma standard este numele dat sistemului de notare științifică folosit pentru numere foarte mici și foarte mari. Este formată dintr-un număr de la 1 la 10 urmat de un factor care arată de câte ori trebuie să fie înmulțit numărul respectiv. În loc să scriem un milion și jumătate sub forma 1 500 000, l-am scrie astfel: $1{,}5 \times 10^6$. Factorul de lângă 10 reprezintă numărul de zerouri care trebuie puse după primul număr. Vom scrie un miliard ca $1{,}0 \times 10^9$ și o milionime ca $1{,}0 \times 10^{-6}$.

Forță nucleară puternică Forța care unește quarcurile formând particule mai mari, precum protonii și neutronii. Această forță crește odată cu distanța, astfel încât pe măsură ce două quarcuri sunt îndepărtate unul de altul, forța de atracție dintre ele crește.

Forță nucleară slabă Forța răspunzătoare pentru anumite tipuri de dezintegrare nucleară radioactivă.

Galaxie Derivat de la cuvântul grecesc care înseamnă „lapte", termenul de galaxie a fost folosit inițial în legătură cu Calea Lactee, considerată o fâșie strălucitoare de lumină stelară care străbate cerul. Când a devenit limpede că galaxia noastră este doar una dintre miliardele de galaxii existente, termenul a fost folosit pentru a desemna orice grup mare de stele și altfel de materie care există ca un sistem independent și a cărui unitate este menținută de forța lui gravitațională. Există două categorii principale de galaxii: eliptice și spirale. Galaxiile eliptice sunt sisteme mari și sferice de stele bătrâne, unde a mai rămas relativ puțin gaz din care să se poată forma alte stele. Dimpotrivă, galaxiile spirale se caracterizează printr-un disc care conține brațe spirale, ceea ce arată că se formează stele în jurul protuberanței centrale, compusă din stele mai bătrâne. Timp de mulți ani s-a crezut că sistemele eliptice se formează în urma coliziunii a două galaxii spirale, dar se pare că procesul este mult mai complicat.

Gaură de vierme O structură pur teoretică (cel puțin până acum) care ar permite regiunilor îndepărtate din spațiu să fie conectate printr-o „scurtătură". S-a speculat că orice gaură neagră ar putea fi unul dintre capetele unui asemenea tunel, prin care materia coboară pentru a ieși printr-o „gaură albă".

Gaură neagră O gaură neagră este un corp care are un câmp gravitațional suficient de puternic pentru a împiedica chiar și lumina – care călătorește cel mai repede în Univers – să iasă. Raza maximă a spațiului pe care trebuie să-l ocupe o anumită masă pentru a forma o gaură neagră se numește raza Schwarzchild. Deși găurile negre au fost considerate timp de mulți ani niște ciudățenii teoretice, există acum dovezi solide că există. Se pare că majoritatea galaxiilor au în centru o gaură neagră supermasivă (având o masă de câteva milioane de mase solare).

Gravitație Deși gravitația este în mod intrinsec cea mai slabă dintre forțele fundamentale, ea este singura dintre forțele din fizica tradițională care acționează pe distanțe astronomice. Dintre celelalte, forța nucleară slabă și forța nucleară puternică sunt extrem de slabe pe distanțe mari, iar forța electromagnetică rezultată din sarcinile pozitive și negative se neutralizează. Atracția gravitațională dintre două obiecte cosmice este proporțională cu masele lor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele. Cu alte cuvinte, dacă distanța dintre două mase se reduce la jumătate, acestea se vor atrage de patru ori mai puternic. Prima teorie sistematică a gravitației a fost formulată de Sir Isaac Newton, ale cărui teorii au fost dezvoltate de Albert Einstein în a sa teorie generală a relativității.

Inflație Teoria inflației este o dezvoltare a teoriei Big Bangului, care sugerează că Universul s-a extins cu o viteză mult mai mare într-o perioadă scurtă de timp, la mai puțin de o secundă după Big Bang. Deși nu există încă dovezi directe ale inflației și cauzele ei nu sunt înțelese nici teoretic, această teorie oferă totuși o soluție elegantă pentru mai multe probleme ridicate de observații în legătură cu teoria standard a Big Bangului.

Ionizare Fotonii cu energie mare pot scoate electronii de pe orbita lor în jurul nucleilor atomici, care atunci sunt ionizați. În condițiile existente imediat după Big Bang, când energia era foarte mare, electronii aveau prea multă energie pentru a fi capturați de nucleii atomici și întregul Univers

a fost ionizat. La apariția primelor surse de lumină, electronii au fost din nou eliberați, într-o perioadă căreia i s-a dat o denumire ce poate crea confuzii, aceea de reionizare.

Luminozitate Luminozitatea unei surse de lumină reprezintă viteza de emisie a luminii. Cu alte cuvinte, luminozitatea unei stele reflectă mai degrabă strălucirea ei intrinsecă, decât pe cea aparentă. Soarele pare mult mai strălucitor decât alte stele de pe cer pentru că este aproape de noi, dar multe stele sunt mult mai luminoase decât el; Soarele nostru este o stea destul de obișnuită.

Lungime de undă Distanța dintre două puncte succesive ale undei, aflate în aceeași fază de oscilație. Lungimea de undă a luminii vizibile roșii este de $4{,}0 \times 10^{-7}$, în timp ce undele radio pot avea lungimi de mulți kilometri.

Magnitudine Este unitatea de măsură tradițională a strălucirii obiectelor cosmice. Scara de măsurare este destul de complicată; cu cât numărul este mai mic, cu atât sursa pare mai strălucitoare. Prin definiție, steaua strălucitoare Vega are o magnitudine de 0,0 și o diferență de cinci magnitudini corespunde unei străluciri mai mici de 100 de ori. Așadar, Vega este de 100 de ori mai strălucitoare decât orice stea cu magnitudinea 5. Pe cerul nopții, putem vedea cu ochiul liber stele cu magnitudini de până la 6. Acestea sunt magnitudini aparente, dar sunt numite frecvent și magnitudini absolute. Ele reflectă luminozitatea sursei și se definesc ca magnitudinea aparentă pe care sursa ar avea-o la distanța standard de zece parseci.

Masă Există două definiții științifice ale masei. Potrivit celei dintâi, masa este proprietatea unui corp de a se opune accelerației; efortul necesar pentru a împinge o mașină este mai mare decât cel necesar împingerii unei mingi de fotbal. Conform celei de-a doua definiții, masa este proprietatea unui corp care definește forța lui de atracție gravitațională; obiectele cu masă mai mare au o forță gravitațională mai mare. Cele două definiții se dovedesc a fi echivalente, așa că putem folosi aceeași definiție a masei în ambele cazuri. O greșeală frecventă este confundarea masei cu greutatea. Greutatea este forța exercitată de gravitație asupra unui obiect. Când Neil Armstrong a pășit pe suprafața Lunii, masa lui nu s-a schimbat, dar greutatea s-a modificat în mod cert.

Materie neagră În ultimii cincizeci de ani, astronomii au ajuns la concluzia că în Univers cea mai mare parte a materiei este formată nu din atomi și molecule obișnuite, ci este materie neagră. De fapt, peste 80% din cantitatea de masă existentă în Univers este formată din materie neagră, care interacționează cu materia „normală" (sau barionică) aproape numai prin gravitație. Fizica particulelor prezice existența unei familii de particule masive ce interacționează slab cu materia (WIMPs – Weakly Interactive Massive Particles), care ar putea constitui materia neagră, dar această predicție teoretică nu a fost confirmată încă prin observații sau experimental. Deși identitatea materiei negre nu a fost confirmată încă, observațiile efectuate le permit oamenilor de știință să-i definească proprietățile; cele mai multe dovezi sugerează că modelul teoretic corect este cel care presupune existența „materiei negre reci" – compusă din particule lente, cu masă mare.

Meteor O stea căzătoare (sau meteor) apare ca urmare a intrării unei mici particule, îndeobște nu mai mare decât un fir de nisip, în atmosfera terestră. Fricțiunea cu atmosfera face particula să ardă, lăsând pentru scurt timp în urmă o dâră care avansează rapid pe cer și pe care noi o numim meteor. Multe dintre aceste fire de praf sunt asociate cometelor; deoarece o cometă trece de mai multe ori prin sistemul solar interior, praful aruncat din nucleul acesteia se împrăștie de-a lungul orbitei ei. Când orbita Pământului se intersectează cu a cometei, vedem o ploaie de meteori. Meteorii care cad în același timp par să vină din aceeași zonă a cerului, denumită punct radiant – efectul este asemănător celor două părți carosabile paralele de pe un pod, care par să se unească în depărtare. Deosebit de importante sunt două dintre cele mai cunoscute ploi de meteori: Perseidele, care ating punctul maxim în luna august, sunt ploaia de meteori anuală cu apariția cea mai regulată, în timp ce Leonidele produc furtuni spectaculoase de meteori la un interval de aproximativ 33 de ani. În timpul unei asemenea furtuni de meteori, pentru o durată foarte scurtă, de numai o oră, frecvența meteorilor poate fi aproape de unul pe secundă.

Meteorit Corp cosmic mare, de obicei asteroidal, care a supraviețuit intrării în atmosfera terestră și a aterizat pe suprafața planetei noastre. Este remarcabil că nu a fost nimeni rănit de un meteorit, deși mai multe mașini au fost distruse în ultimii ani! Deși sursa celor mai mulți meteoriți este Centura de Asteroizi (sau alte corpuri de mărimea unui asteroid), câțiva au venit probabil de pe Lună sau de pe Marte. Cel mai cunoscut dintre meteoriții proveniți de pe Marte, ALH84001, conține structuri care seamănă ciudat de mult cu fosilele bacteriene de pe Pământ, dar dimensiunea este diferită. Există posibilitatea ca acestea să fie rezultatul unei contaminări în urma căderii meteoritului pe Pământ, dar ele rămân dovada cea mai concretă că ar putea exista sau a existat viață pe Marte. Majoritatea meteoriților se găsesc azi în Antarctica, unde ies în evidență pe fundalul de gheață.

Miliard În această carte am folosit definiția științifică standard a miliardului: o mie de milioane (1 000 000 000 sau 10^9).

Nebuloasă Având la origine cuvântul latinesc care înseamnă „ceață" sau „nor", termenul „nebuloasă" este folosit în astronomie pentru a denumi orice masă de gaz și praf vizibilă. Cea mai cunoscută nebuloasă din apropiere, nebuloasa Orion, este o zonă în care se formează stele noi din gazul și praful care se condensează. Stelele nou formate pot apoi să lumineze gazul înconjurător, iar aceasta este o „nebuloasă de reflecție". În ultimele etape din viața unei stele precum Soarele, aceasta își aruncă straturile exterioare, formând o „nebuloasă planetară". Numele vine de la faptul că, văzută prin telescoape mici, acest tip de structură arată ca un disc, dar nu este foarte potrivit, având în vedere că nu are nici o legătură cu planetele sau cu nebuloasele de reflecție. Se observă și nebuloasele negre, formate din praf cosmic care împiedică lumina să ajungă de la surse mai îndepărtate; cea mai cunoscută dintre acestea este Sacul cu cărbuni din constelația Crucea Sudului.

Neutrino Neutrinii sunt particule mici, ușoare, care apar ca produse secundare ale fuziunii nucleare ce face stelele de tipul Soarelui să lumineze. Timp de mulți ani, s-a crezut că neutrinii ar putea fi lipsiți de masă, dar acum este clar că au o anumită cantitate de masă (care nu este însă suficientă pentru a reprezenta cantitatea totală de materie neagră). Faptul că s-a stabilit că neutrinii au masă a dus la rezolvarea îndelung așteptată a „problemei neutrinilor", anume că numărul de neutrini provenind de la Soare era mult mai mic decât prevedea teoria. Masa foarte mică le permite neutrinilor să-și schimbe „aroma" (tipul) – electron, mu și tau – în drumul lor de la Soare la Pământ, iar generațiile precedente de detectoare nu puteau detecta decât tipul de neutrini cu masa cea mai mică. Numărul de tipuri de neutrini poate fi prezis de teoria Big Bangului și reprezintă o excelentă metodă de verificare a ideii că starea inițială a Universului s-a caracterizat printr-o temperatură și o densitate foarte mari.

Neutron Neutronii sunt unul dintre cele două tipuri de particule – compuse din câte trei quarcuri – care formează nucleii atomici. Au o greutate aproape egală cu a protonilor, dar nu au sarcină electrică. În condițiile extreme din timpul unei explozii de supernovă, protonii și electronii se pot combina formând neutroni, proces care are ca rezultat

formarea unei stele cu neutroni dense din nucleul (miezul) stelei distruse. Se consideră că masa maximă a unei stele cu neutroni este de aproximativ opt mase solare; dacă masa stelei este mai mare, colapsul gravitațional este inevitabil, ceea ce duce la formarea unei găuri negre.

Nucleu Nucleul unui atom este format din protoni, care au o sarcină pozitivă, și neutroni, care sunt neutri din punct de vedere electric. Nucleul conține aproape toată masa atomului. La temperaturile și presiunile mari din centrele stelelor, electronii au prea multă energie pentru a fi captați de nucleul cu sarcină pozitivă; prin urmare, nucleii atomici se combină prin fuziune, formând elemente mai grele. Numărul protonilor din nucleul unui atom definește tipul acestui atom, astfel încât hidrogenul are un singur proton, heliul are doi, litiul trei și așa mai departe.

Parsec Unitate de măsură a distanței egală cu 3,26 ani-lumină. Văzut de la o distanță de 1 parsec, Pământul ar părea că se află pe cer la doar 1 secundă de arc (a 3 600-a parte dintr-un grad) de Soare.

Pozitron Antiparticulă a electronului, pozitronul are aceeași masă ca un electron, dar o sarcină opusă. Ca toate perechile de particule de materie-antimaterie, un pozitron și un electron se anihilează reciproc dacă se ciocnesc, producând numai energie.

Proton Particulă cu sarcină electrică pozitivă formată din trei quarcuri. Protonii sunt unul dintre cele două tipuri de componente care formează nucleii atomilor.

Pulsar O stea cu neutroni (produsă prin prăbușirea unei supernove) care se rotește repede va produce radiații sub forma unui fascicul subțire pornind din apropierea ambilor poli. Pe măsură ce steaua se rotește, acest fascicul trece, ca lumina unui far, pe cer. Dacă se întâmplă să intersecteze Pământul, vedem o sursă care pulsează rapid. Aceste impulsuri (licăriri) sunt atât de regulate încât prima dată când au fost detectate au fost etichetate drept LGM-1?, adică Little Green Men-1? (Omuleți verzi-1!) Se cunoaște un dublu pulsar, iar oamenii de știință pot folosi informația oferită de impulsurile lui pentru a verifica riguros teoria generală a relativității.

Quarc Aceste particule se combină pentru a forma protoni, neutroni și alte particule mai ciudate. Quarcurile sunt considerate în prezent particule fundamentale. Cu alte cuvinte, nu pot fi divizate. Există șase tipuri sau „arome" de quarcuri, toate cu nume stranii: „up" („sus"), „down" („jos"), „strange" („ciudat"), „charm" („farmec"), „top" („vârf") și „bottom" („fund", „bază"). (Recent, s-a încercat, fără succes, schimbarea ultimelor două nume în „adevăr" și „frumusețe".) Quarcurile sunt atrase între ele de forța nucleară puternică și au proprietatea remarcabilă că nu pot fi niciodată izolate ca particule solitare. Forța puternică crește odată cu distanța, astfel încât dacă două quarcuri sunt despărțite, forța de atracție dintre ele crește, de fapt!

Quasar Potrivit definiției inițiale, quasarul (obiect cvasistelar) era o sursă asemănătoare unei stele care părea să se afle la mare distanță. După decenii de observații, s-a descoperit că quasarii sunt de fapt galaxii în centrele cărora există găuri negre extrem de masive, care consumă cantități enorme de praf și gaz. Materia absorbită de gaura neagră din centrul galaxiei radiază pe măsură ce se prăbușește spre aceasta, iar această puternică sursă de radiații ne permite să vedem quasarii din zonele cele mai îndepărtate ale Universului. Quasarii erau mai obișnuiți în trecutul îndepărtat. S-a sugerat recent că este posibil ca toate galaxiile să fi trecut printr-o fază „de quasar", devenind galaxii „normale" numai după ce rezerva de materie care alimenta gaura neagră s-a terminat.

Radiație electromagnetică Lumina vizibilă este numai o parte a spectrului. Acesta cuprinde de la razele gamma cu energie mare și razele X, la ultraviolete, apoi lumina vizibilă, infraroșiile și microundele și în sfârșit undele radio. În toate aceste forme, radiația electromagnetică este formată din componente electrice și magnetice care se deplasează cu viteza luminii (vezi pag. 44).

Sarcină Sarcina electrică este o proprietate a unor particule precum quarcurile, protonii și electronii. Sarcinile electrice pozitive și negative se atrag, iar această forță de atracție ține laolaltă electronii negativi și nucleul pozitiv dintr-un atom neutru.

Spectru Radiația electromagnetică care trece printr-o prismă (sau rețea de difracție) se descompune în lungimile de undă componente, efect bine cunoscut din curcubeele care apar pe cer. Acesta se numește spectru, iar intensitățile relative ale diferitelor lungimi de undă pot conține o cantitate enormă de informații despre obiectul care a emis lumina. În special o serie de linii de culoare închisă sau deschisă, numite linii spectrale (vezi pag. 58), servesc drept amprentă pentru fiecare dintre elementele componente ale sursei, permițându-le astronomilor să determine compoziția până și a celor mai îndepărtate obiecte. Sir Isaac Newton a inventat cuvântul „spectrum" de la verbul latinesc care înseamnă „a vedea".

Supermasiv Termen aplicat de obicei găurilor negre din centrele galaxiilor. Este dificil de dat o definiție exactă, dar acest termen este folosit în general pentru a caracteriza corpuri cu masa de milioane de ori mai mare decât a Soarelui.

Supernovă Când o stea mare a consumat tot combustibilul din centrul ei, ea se prăbușește brusc. Presiunea crescută asupra centrului duce la formarea unei rămășițe dense, cum ar fi o gaură neagră sau o stea cu neutroni, moment în care majoritatea materiei rămase ricoșează în afară într-o explozie puternică, numită supernovă. Lumina emisă în urma unui asemenea eveniment poate fi mai strălucitoare decât toate celelalte stele din galaxia în care explozia are loc, timp de câteva săptămâni, până când se stinge treptat. Excepții sunt supernovele de tip 1a, care se produc în sisteme binare în care materia provenită de la o stea mare se poate acumula pe suprafața unei pitice albe înainte să se aprindă din nou când se atinge o densitate critică. Nu a fost observată nici o supernovă în Calea Lactee de la inventarea telescopului, ceea ce este destul de frustrant; cea mai apropiată supernovă observată a fost în galaxia satelit Norul Mare al lui Magellan, în 1987.

Teoria stării stabile Teorie rivală a teoriei Big Bangului, acum compromisă, potrivit căreia Universul s-ar afla într-o stare constantă de continuă expansiune și creație de materie la scară mică.

Timp Planck În mecanica cuantică, este cea mai mică „unitate" de timp posibilă, egală cu 5×10^{-44} secunde. Chiar dacă un ceas ar fi atât de exact încât să măsoare o perioadă mai mică, mecanica cuantică face acest lucru imposibil. Rămâne de văzut dacă aceasta este o caracteristică reală a Universului sau o expresie a insuficienței mecanicii cuantice.

INDICE (Numerele scrise cu litere **aldine** trimit la ilustrații.)

A
„an cosmic", 78, 80
Andromeda (galaxia), **29**, **79**, 166
 și Calea Lactee, 140
 dimensiune și distanță, 31, 75
antimaterie, 34-35, 66, 185,188
antropic (principiul), 32, 122
apă, în stare lichidă, 118, 130, 186
Apollo (misiuni), 16-17, 62
arderea heliului, 63, 132
asterisme, 185
asteroizi potențial periculoși, 126-128, 160
asteroizi, 98, 102, 126-128, 160
astronomi amatori, 104, 155
astronomia submilimetrică, 92, 94
astronomie cu infraroșii, **60-61**, **74**, **90**, **96**
 vezi și Telescopul Spațial Spitzer
astronomie cu raze X, 83, **136**, **138**, **172**
astronomie în microunde, **45**, 50, 52-53
 vezi și astronomie submilimetrică
atomi, **30**, 32-33, 56, 185, 187
 vezi și formarea particulelor, 44, 184

B
Baade Wilhelm, 171, 175, 183
barioni, 36, 185
Beta Pictoris, 95, **96**
Betelgeux, 18, 59, **131**, 165
Big Bang, 11-12, **24-25**, 26, 153
 cronologia bazată pe, **22**, 184
 dovezi, 12, 41, 45, 180, 187
 elemente create în, 53
„Big Crunch" (Marele colaps), 82, 146
„Big Rip" (Marea dezagregare), 149-150, **151**
binare *vezi* sisteme de stele multiple
briciul lui Occam, 87

C
Calea Lactee, 76-77, 140, 187
 vezi și galaxii
 dimensiune și stare, 75-76, 140, 181, 186
 formă și aspect, **10**, **70-72**, 77
 gaură neagră centrală, 77, 179
 perioadă de rotație, 78
 sateliți, **10**, 74-75, **76**, 169
„candele standard", 83, 171, 175-176, 181-182
carbon și viață, 94, 117
Câmpul de două grade, 47, **54**
Centura Kuiper, obiecte din, 98, 102, 161
cerul emisferei sudice în timpul nopții, **10**
Chandrasekhar, Subramanyan, 171-172
chiralitate, 94-95
COBE (satelitul), 48, 52
comete, 100-102, **103-104**, 155-156, 162, 185
 orbite excentrice, 98, 102
„conspirație cosmică", 36-37
constanta cosmologică, 85, 146, 149
constelații, 156, 164-169, 185
 Crux (Crucea Sudului), 169
 Orion, **18**, 165, 167, 169
 Pegas, 166-167, 169
 Ursa Major (Carul Mare), **16**, 163-165, 167-169
cratere, 110, 115, **126**, 157-158
cronologie, 12, **22**, 184
Crucea Sudului, 169

D
deplasare spre roșu, 45-47, 59, 188
 estimarea distanțelor la care se află
 diferite supernove, 84
 galaxii îndepărtate, **47**, 74-75, 186
diagrama Hertzsprung-Russell, **95**
dimensiuni, și spațiu-timp, 30-31, 69, 185
dinozauri, 115, 184
dispariție, în masă, 115, 128
distanță, astronomică, 21, 31, 83, 171
 unități de, 120, 186, 187
dualitate undă-particulă, 33, 44

E
eclipse
 lunare, 158, 159
 și relativitate, 172-174
 totale de soare, 41
ecosfere, 119-121, 186
Eddington, Arthur, 172-173
efect Doppler, 59, 80, 176, 185-186, 188
efecte gravitaționale
 colapsul gravitațional și formarea stelelor, 66, 92
 curbarea luminii, 69, 85, **86-87**, 172-174
 detectarea planetelor extrasolare, 104
efectele mareelor, sateliți, 108, 133
Einstein, Albert, 28, 30, 85, 173-174
 vezi și teoria relativității
electroni, 33, **35-36**, 59-60
 captați de nuclei, 44, 56
elemente chimice,
 vezi și elemente individuale
 origine, 53-54, 63, 65
 și spectroscopie, 59
energie, masă, echivalență, 55-56, 186
„energie neagră", 82, 84-85
Epsilon Eridani, 120-122
„epoca întunecată", **22**, 52, 60, 75
Escher, M.C., **28**
evoluție, biologică, 111, 115
explozii de raze gamma, 63-65, **66**, **138**, 179, 186

F
fizica particulelor și cosmologia, 33-34, 183
fondul cosmic de microunde, 12, 44-47, 179, 184
 variații ale, 46-47, 50, 52-53
forfecare gravitațională, 85
formarea heliului, 41, 54-56
formarea stelelor, 90, **91**, 142, **147**
formă standard, 26, 188
forță electromagnetică, 56, 85
forță nucleară puternică, 33, 56, 188
forță nucleară slabă, 56, 188
forțe de respingere
 vezi constanta cosmologică
forțe, fundamentale, 33, 38-39, 56, 84-85, 146
 vezi și gravitație
fosile, 111, **114**, 115, 184
fumători negri, 112-113

G
Galaxia, *vezi* Calea Lactee
galaxii care se ciocnesc, 74, 140-143
galaxii spirale, **4-5**, 76-80, 90, **91-92**, **170**
 vezi și galaxia Andromeda
 spirale barate, **72**, 77, **79**
galaxii, 77, 186
 vezi și roiuri; quasari; galaxii spirale
 caracteristici ale primelor galaxii, 72-74
 cele mai îndepărtate galaxii observabile, **22**, **47**, **73**
 ciocniri, 74, 140-143
 distanțe estimate, 83, 171, 175, 176
 formare, 184
 nonspirale, 74-75, **79**, **81**, **149**
 structura la scară mare, 50, 52
găuri de vierme, 69, 188
găuri negre, 61-62, 68-69, 137, 185
 dovezi, 77, 82
 în nuclee galactice, 77, 142, **149**, 179
 predicții privind viitorul lor, **144-145**, 148, 184
 și quasari, 72, 188
 supermasive, 72, 73, 146, **147**, 188
globule Bok, **90**
gravitație, 50, 186
 și conspirația cosmică, 37
 și constanta cosmologică, 146
 și materie neagră, **54**, 80
 și mecanica cuantică, 183
 și variații ale fondului cosmic de microunde, 48
grupul local de galaxii, 75, 140

H

Hale, George Ellery, 174-175
halou galactic, 77, 82
hidrogen, 41, 60-62, 92
în atmosferele planetelor, 102-103, 110
combustibil solar, 54, 56
hipernove, 63, 66
Hoyle, Fred, 11, 110, 175-176
Hubble, Edwin Powell, 77, 171, 176-177, 183

I

imagini ale Câmpului Profund, TSH, **6-7**, **38**, **47**, 72-73, 75
imagini surprinse în ultraviolete, **27**
inele Einstein, 85, **86**
inflație, 37-40, 184, 186
ionizare, 60-62, 184, 186

Î

încălzirea și răcirea globale, 128-129
înclinație axială, 108

J

jeturi, emise de galaxii active, 72, **149**
Jodrell Bank, **121**, 178-179
Jupiter, 99-100, 102, 160-161

K

Kelvin (scala de temperatură), 41
Kuiper, Gerard, 177-178

L

librații (lunare), 108, 158
limita lui Chandrasekhar, 137, 172
literatură științifico-fantastică, 118, **119**, 176
Lockyer, Norman, **59**
Lovell, Bernard, 178-179
Lowell, Percival, 116, 123, 160
lumină (viteza), 18-19, 120-122, 186
lumină zodiacală, 163
lumină, curbarea luminii datorită gravitației, 69, 85, **86-87**, 171-174
Luna, **12**, **109**, 157-158
aselenizări, 16, 62
formare, **108**
rotație sincronă, 157
viitor, 132

M

magnitudine, 94, 187
Marea Pată Roșie, **102**, 161
Marte, **101**, 102, **118**, 159-160
anotimpuri, **128**, 160
posibilitatea vieții pe, 116-117, 131, 187
masă, 50, 55-56, 186-187
matematică și comunicare, 122
materie neagră, **54**, 80-82, 183, 185
Mauna Kea (observatorul), 177-178
Maunder Minimum, 129
mecanică cuantică, 137, 173-174, 181, 183, 188
dualitatea undă-particulă, 33, 44
particule virtuale, 85, 148
și relativitate, 26, 32
Mercur, **98**, 102, 104, 159
meteori, 101, 162-163, 187
meteoriți, 101, 117, 126, 187
locuri unde au căzut pe Pământ, 115-116, **126**, 129
monopoli, 39
Moore, Gertrude, **119**

N

nave spațiale *vezi* misiuni Apollo; sonde
nebuloase, **13**, **19**, 93, **139**, 187
formarea stelelor în, **91**, 92-93, 95
planetare, **132-136**, 136, **172**
spirale, ca galaxii, 76
Neptun, 100, 103, 161
sateliți, **123**, 177
neutrini
aromă, 57, 187
cosmici, 49, **51**, 55-57, 82
detectare, 50-51, 57
solari, 57-60
Newton, Isaac, 58, 68, 186, 188
nori de gaz
colapsul gravitațional și formarea stelelor, 66, 92
formarea planetelor, 98-100
nori de praf *vezi* nebuloase
Norul Mare al lui Magellan, 10, 75, **76**, 169
Norul Mic al lui Magellan, 75, **76**, 169
norul Oort, 100

O

obiecte masive și compacte localizate în haloul galactic, 82
observatorul Chandra cu raze X, 83, 172
oceane, formare, 110
oxigen și viață, 110, 113, 115, 118

P

Pământ, 23, 40, 108, 131
văzut din spațiu, **17**, **100**, **151**
panspermie, 110-111
particule elementare *vezi* particule
particule masive ce interacționează slab cu materia, 82, 185
particule virtuale, 85, 148
particule, elementare, **35**, 39, 82, 148
vezi și antimaterie; electroni; neutrini; protoni; quarcuri
dualitatea undă-particulă, 33, 44
particule virtuale, 85, 148
pete solare, **156**, **174**
pitice maronii, 104-105
plăci tectonice, 110
planete extrasolare, **96**, 104-105, 118, 139
planete stâncoase, 102, 104
planete, 102, 93-94, 159-162
vezi și planete extrasolare; sistem solar
Pluto, 98
Polaris, 21, 164
principiul excluziunii, 137
principiul lui Copernic, **49**
protoni, 35, 148, 184, 188
protostele, 92, 95
pulsari, 137-140, 179-180, 188
pulsari dubli, 139, 142-143, 188

Q

quarcuri, 33-34, 184, 188
quasari, 72, 188

R

radiația unui corp negru, 45-46, 58, 185
radiație electromagnetică, 58-59, 143, 186, 188
spectru complet, 44, 83, 188
radiație Hawking, 148
radiație *vezi* radiație electromagnetică
radioastronomie, **83**, 120, **121**, 178-179, **179**
radiocomunicație, 122
rămășițe ale unor supernove, **65**, **67-68**, **133**, **138**
stele cu neutroni, 137
supernova 1987a, **63**, **136**
raza Schwarzchild, 185
reacții nucleare în stele, 54-56, 63, 132-137
Rees, Martin, 52, 179-180
reionizare, 60-62, 184, 186
relevee (hărți) ale cerului, 47, **54**, 167-169
relevee ale obiectelor cosmice din afara sistemului (deep sky), 47, **54**
religie, 152
Rigel, **18**, 21, 165
roiuri de galaxii, **20**, **29**, 47, 75, 140, 182
vezi și imagini ale Câmpului Profund
evoluție, 52, 146
roiuri de stele, **13**, 96, **97**
roiuri globulare, 77, **149**, 169, 181-182
roiuri globulare, 77, **149**, 169, 181-182
roșii; pitice albe
a doua generație, 66, 90, 104
culori, 18-21, 90
sursă de energie și durată de viață, 54, 95
prima generație, **42-44**, **46**, 52, 54, 60, 184
Ryle, Martin, 180

S

Sagittarius (galaxia pitică), **75**
Sagittarius A, 77
sarcină electrică, 32, 185

sateliti
și existența vieții, 119
rotația sincronă a sateliților mari, 132, 157
în sistemul solar, 103-104, 161
Saturn, 100, 102, 161, **162**
schimbare climatică, 128-129
Schwarzchild, Karl, 181
SETI (proiectul), 116, 120
Shapley, Harlow, 181-182
Sirius, 59, 94, **136**, 165
sistem solar, **49**, **88-89**; 98-104, **98**
formare, **88-89**, 98, 102, 184
sisteme de stele multiple, 96, 105
Soare
caracteristici ale suprafeței, 40-41, 49-50, **57**, **58**, 58, **154**
observare, **105**, 156-157
structură și proprietăți, **55**, 58-59, 62, 94
sursă de energie; evoluție, 54-55, 96, **124-125**, 129, 132, 184
variații ale activității, 128-129
sonde, fără echipaj, **45**, 50, 53, 83, 104
explorare planetară, 98, 116-117, 122-123, 130, 178
spectroscopie, 58-59, 80
vezi și radiație electromagnetică; deplasare spre roșu
stele, 82, 95-97, 163-169, 171
vezi și roiuri; sisteme de stele multiple; stele uriașe
stele cu neutroni, **65**, 137, **139**, 183, 187
stele din secvența principală, 95
stele masive, 60, 65-66, 183
stele pitice albe, 84, **132**, **136**, 172
destinul Soarelui, 137, 184
stele T Tauri, 95
stele uriașe roșii
Betelgeux, 18, 59, 165, **131**
viitorul Soarelui ca uriașă roșie, **124-125**, 126, 132, 184
stereochimie, 94
stromatoliți, **106-107**, 111-113
sulf, 134
supape hidrotermale, 112-113
supernove, 66, 83-84, 183, 188
galaxii care se ciocnesc, 140, 142
primele stele, 62-63, **64**
și pulsari, 140
supervulcani, 127-128
surse radio, 77, **86**, 137

T

Tau Ceti, 120-122
telescoape
vezi și radioastronomie
pentru amatori, 156, 161
telescoape mari, **174**, 175, 178
Telescopul Spațial Hubble, **21**
imagini ale Câmpului Profund, **6-7**, **38**, **47**, 72-73, 75
imagini ale planetei Marte, **101**, **128**
galaxii, **47**, **80**, **87**, **141**
rămășițe ale unor supernove, **63**, 66, **67**
stâlpi ai creației, **93**
Telescopul Spațial Spitzer, **46**, **60-61**
temperaturi, 40-41, 186
și captarea electronilor, 44
condiții favorabile vieții, 119, 130
răcirea în nebuloase, 92
relația cu luminozitatea, 95
teoria relativității, 173
și călătoria în spațiu, 120-122
dovezi, **87**, 172-174
și găurile negre, 68-69, 181
unde gravitaționale, 142-143
și teoria cuantică, 26, 32
teoria stării stabile, 11-12, 41, 175-176, 188
timp Planck, 26, 34-35, 187
timp, 21-23, 26, 69, 139
Titan, **130**, 131, 177
transparența, 44, 49, 184
tranzite, 104, **105**, **155**
planete extrasolare, 104
planete inferioare, 104, **105**, **133**, 159
sateliți galileici, 161
„Triunghiul de Vară", 166, 168

U

unde gravitaționale, 142-143, 146
unitate astronomică, 120
unități
bilioane și trilioane, 16, 31, 185
distanțe astronomice, 120, 186, 187,
formă standard, 26, 188
sarcină electrică, 32
Univers, 31, 82-84, 150
evoluție și destin, **22**, 23, 84, 146, 152, 184
expansiune, 35-36, **47**, 84-86, 176, 186
„formă plată", 49, 83
începutul, 34, 44, 49-50, **53**, 62
universuri paralele, 150
Uranus, 100, 103, 161

V

variabile Cefeide, 171, 175-176, 181-182
Venus, 94, **98-99**, 102, 159
viața pe Pământ, 94, 108-113, 123
pericole pentru, 126, 128-129
viață inteligentă pe alte planete, 116, 120-122
viață pe alte planete, 94, 116-122, 131, 143, 187
vid (forțe ale), 85, 148
viteze de învingere a atracției gravitaționale, 61-62
vulcani, **111**, 127-128, **158**, 178

W

WMAP (sonda), **45**, 50, 53

Z

Zeldovici, Iakov, 182-183
Zwicky, Fritz, 183

BIBLIOGRAFIE SUPLIMENTARĂ

The Canopus Encyclopedia of Astronomy, coordonatori Paul Murdin și Margaret Penston (Canopus, 2004)
Fred Hoyle: A Life in Science, Simon Mitton (Aurum/ABC, 2005)
Atlas of the Universe, Patrick Moore (Philip's/Firefly, 2005)
The Dark Side of the Universe, Iain Nicolson (Canopus/John Hopkins University Press, 2006)
The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe, Steven Weinberg (Basic Books, 1993)
The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory, Brian Green (Random House, 2000)
The Photographic Atlas of the Stars: The Whole Sky în 50 Plates and Maps, H. J. P. Arnold (Institute of Physics, 1999)
The Infinite Cosmos: Questions from the Frontiers of Cosmology, Joe Silk (Oxford University Press, 2006)
The Cambridge Guide to the solar System, Kenneth Lang (Cambridge University Press, 2003)
Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe, Simon Conway Morris (Cambridge University Press, 2003)
Astrophotography: An introduction to Film and Digital Imaging, H. J. P. Arnold (Philip's/Firefly, 2003)
Yearbook of Astronomy, Patrick Moore (Macmillan, 2005)

CREDITE FOTOGRAFICE

Au fost făcute toate eforturile pentru identificarea corectă și contactarea autorilor și/sau deținătorilor drepturilor de autor ale tuturor fotografiilor. Editura Canopus își cere scuze pentru eventualele greșeli sau omisiuni neintenționate și își exprimă disponibilitatea de a le corecta în viitoarele ediții ale acestei cărți.

Pagini preliminare
p. 4-5: NASA, The Hubble Heritage Team și A. Riess (STcl); p. 6-7: NASA, ESA, S. Beckwith (STcl) și HUDF Team; p. 10: Gordon Garradd; p. 12: Patrick Moore.

Prefață și Introducere
p. 13: Observatorul European Sudic; p. 14-15: Nik Szymanek; p. 16: NASA; p. 17: NASA; p. 18: H.J.P. Arnold; p.19: imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL-Caltech; p. 20: Observatorul European Sudic; p. 21: NASA; p. 22: James Symonds.

Capitolul 1
p. 24-25: Brian Bmallwood; p. 27: GALEX, NASA; p. 28: M.C. Escher, „Diviziunea cubică a spațiului" © 2006 Compania M.C. Escher – Olanda. Toate drepturile rezervate; p. 29: Observatorul European Sudic; p. 30-31: James Symonds; p. 32: Nanoscale Science Laboratory, Cambridge; p. 34: imagine reprodusă cu permisiunea Brookhaven National Laboratory; p. 35: G.T. Jones, Birmingham University / Fermi National Accelerator Laboratory; p. 36: W. Purcell (NWU) et al., OSSE, Compton Observatory, NASA; p. 37: James Symonds; p. 38: R. Williams (STScI), the HDF-S Team și NASA; p. 39: James Symonds; p. 40: James Symonds; p. 41: Brian May.

Capitolul 2
p. 42-43: Brian Smallwood; p. 44: James Symonds; p. 45: NASA-WMAP Science Team; p. 46: NASA/GSFC/JPL-Caltech; p. 47: K. Lanzetta (SUNY Stony Brook) și NASA; p. 48: NASA; p. 49: Royal Astronomical Society; p. 50: NSF; p. 51: Observatorul Kamioka, Institutul pentru Cercetarea Razelor Cosmice, Universitatea din Tokyo; p. 52: Colaborare BOOMERANG; p. 53: Institutul de Astrofizică Max-Planck; p. 54: 2dFGRS Team; p. 55: James Symonds; p. 56: James Symonds; p. 57: SOHO; p. 58 (sus): James Symonds; p. 60-61: imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL-Caltech; p. 62: NASA; p. 63: Dr. Christopher Burows, ESA/STScI și NASA; p. 64: Observatorul Anglo-Australian / David Malin Images; p. 65: Observatorul European Sudic; p. 66: Gamma-Ray Astronomy Team / NASA; p. 67: NASA și Hubble Heritage Team (STScI/AURA); p. 68: NASA/ESA/R. Sankrit și W. Blair (Universitatea Johns Hopkins); p. 69: James Symonds.

Capitolul 3
p. 70-71: Brian Smallwood; p. 72: NRAO/AUI; p. 73: NASA, ESA și S. Beckwith (STScI) și HUDF Team; p. 74: imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL-Caltech și J. Keene (SSC/Caltech); p. 75: COBE, DIRBE/Rischard Sword; p. 76 (sus): Axel Mellinger; p. 76 (jos): Patrick Moore; p. 77 (sus): H. McCallon, G. Kopan/2MASS; p. 77 (jos): James Symonds; p. 78: NASA și Hubble Heritage Team (STScI/AURA); p. 79 (sus): Todd Borson/NOAO/AURA/NSF; p. 79 (dreapta jos): Jason Ware/www.galaxyphoto.com; p. 79 (stânga jos): ESO; p. 80: The Hubble Heritage Team (STScI/AURA/NASA); p. 81 (sus): Mark Jenkins și Roland Christen; p. 81 (jos): NASA și Hubble Heritage Team (STScI/AURA); p. 82: James Symonds; p. 83 (sus): Igor Liubarsky, RAL; p. 83 (jos): imagine reprodusă cu permisiunea NRAO/AUI și HST/STScI; p. 84: James Symonds; p. 85: © Bettmann/CORBIS; p. 86: NRAO/AUI; p. 87: NASA, Andrew Fruchter și ERO Team [Sylvia Bagett (STScI), Richard Hook (ST-ECF), Zoltan Levay (STScI)] (STScI).

Capitolul 4
p. 88-89: Brian Smallwood; p. 90: Observatorul European Sudic; p. 91: NASA și Hubble Heritage Team (AURA/STScI); p. 92: NASA și Hubble Heritage Team (STScI/AURA); p. 93: NASA, ESA, STScI, J. Hester și P. Scowen (Arizona State University); p. 95: James Symonds; p. 96: IRAS; p. 97: Observatorul European Sudic; p. 98 (sus): James Symonds; p. 98 (jos): imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL-Caltech; p. 99 (sus): NASA; p. 99 (jos): imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL-Caltech; p. 100: NASA; p. 101 (sus): ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum); p. 101 (jos): NASA și Hubble Heritage Team (STScI/Aura); p. 102 (stânga): imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL-Caltech; p. 102 (dreapta): Ian Sharpe; p. 103 (stânga): imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL-Caltech; p. 103 (dreapta): imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL-Caltech; p. 103 (jos): imagine reprodusă cu permisiunea NASA/JPL/UMD; p. 104: Thomas Balstrup și Lars T. Mikkelsen; p. 105: Kate Shemilt.

Capitolul 5
p. 106-107: Brian Smallwood; p. 108: James Symonds; p. 109: Damian Peach; p. 112: OAR/National Undersea Research Program (NURP); NOAA; p. 113: National Oceanic and Atmosferic Administration; p. 114: Brian May; p. 115: Virgil L. Sharpton, University of Alaska, Fairbanks; p. 116-117 (sus): ESA; p. 117 (jos): NASA/JPL-Caltech; p. 118: NASA/JPL/Arizona State University; p. 119 (sus): Patrick Moore; p. 119 (jos): Patrick Moore; p. 120: NRAO/AUI; p. 121: Anthony Halloway; p. 122: NASA/JPL-Caltech; p. 123: NASA.

Capitolul 6
p. 124-125: Brian Smallwood; p. 126 (stânga jos): Brian Smallwood; p. 126: www.naturebase.net; p. 127 (sus): Landsat Pathfinder Project; p. 127 (jos): www.asiafoto.com; p. 128 (sus): Phil James (Univ. Toledo), Todd Clancy (Space Science Inst., Boulder, CO), Steve Lee (Univ. Colorado) și NASA; p. 128 (jos): NASA; p. 130: NASA/JPL/Space Science Institute; p. 131 (sus): A. Dupree (CfA), R. Gililand (STScI), FOC, HST, NASA; p. 131 (jos): James Symonds; p. 132: ESA și Garrelt Mellema (Universitatea Leiden, Olanda); p. 133: The Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA); p. 134 (sus): Bruce Balick (University of Washington), Vincent Icke (Universitatea Leiden, Olanda), Garrelt Mellema (Universitatea din Stockholm) și NASA; p. 134 (jos): NASA/ESA și Valentin Bujarrabal Observatorul Astronomic Național, Spania); p. 135 (sus): NASA, ESA; Hans Van Winckel (Universitatea Catolică din Leuven, Belgia) și Martin Cohen (University of California, Berkeley); p. 135 (jos): Andrew Fruchter (STScI) et al., WFPC2, HST, NASA; p. 136 (sus): NASA; p. 136 (jos): NASA/SAO/CXC; p. 138: NASA/CXC/SSC/J. Keohane et al., p. 139: J.M. Cordes și S. Chatterjee; p. 140: imagine reprodusă cu permisiunea NRAO/AUI și HST/STScI; p. 141: Brad Whitmore (STScI) și NASA; p. 142-143: NASA, H. Ford (JHU), G. Illingworth (UCSC/LO), M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), The ACS Sience Team și ESA.

Capitolul 7
p. 144-145: Brian Smallwood; p. 147: ESO; p. 148: Werner Benger; p. 149: Telescopul Canada-France-Hawaii / J.-C. Cuillandre/Coelum; p. 151: Brian Smallwood.

Epilog
p. 152: NASA

Ghid de astronomie practică
p. 154: Pete Lawrence; p. 155: Kate Shemilt; p. 156: John Fletcher; p. 157: Jamies Cooper; p. 158: Ian Sharpe; p. 159 (sus): Damian Peach; p. 159 (jos): Brian May; p. 160: Jamie Cooper; p. 161: Damian Peach; p. 162 (sus): Ian Sharpe; p. 162 (jos): Patrick Moore; p. 163: Brian May; p. 164-168: toate hărțile constelațiilor au fost reproduse cu permisiunea lui James Symonds.

Biografii
p. 170: ANTU/UTI + FORS1; p. 171: Patrick Moore; p. 172: H. Bond (STScI), R. Ciardullo (PSU), WFPC2, HST, NASA; p. 173: NASA și ESA; p. 174: California Institute of Tehnology; p. 175: Patrick Moore; p. 177: Telescopul Subaru, NAOJ; p. 178: Patrick Moore; p. 179 (sus): Patrick Moore; p. 180: NASA/CfA/J. McClintock și M. Garcia; p. 183: Floyd Clark, California Institute of Technology.

De ce *BANG?* De ce s-au reunit trei oameni din medii foarte diferite și au dezbătut aprins timp de doi ani textul unei cărți despre Big Bang? Deoarece, în opinia lor, toți oamenii inteligenți și curioși ar trebui să aibă șansa de a auzi această poveste uluitoare, care abia de curând a început să fie înțeleasă – *Istoria completă a Universului* –, spusă într-un limbaj accesibil tuturor.

BANG! Spațiul, timpul, materia... Universul s-a născut în urmă cu 13,7 miliarde de ani. La început infinit de mic, el s-a extins mai repede decât ne putem imagina. Brian May, Patrick Moore și Chris Lintott explică modul cum s-au întâmplat toate acestea, din momentul în care au apărut timpul și spațiul la formarea primelor stele, galaxii și planete și până la apariția ființelor umane capabile să mediteze la originile și la destinul lor final. Ei vorbesc apoi despre destinul Universului în viitorul îndepărtat, mult după ce Pământul va fi fost consumat de Soare, devenit o uriașă roșie. Povestea este spusă într-un limbaj clar și simplu, în ordinea cronologică a evenimentelor și fără a folosi calcule matematice.

BANG! este o poveste extraordinară. Este vorba de ficțiune? Autorii speră că nu, având în vedere că se bazează pe munca de o viață a unor savanți precum Albert Einstein, Stephen Hawking și sute de alte minți strălucite. Savurați-o și lăsați-vă imaginația să zboare.

BRIAN MAY, comandor al Imperiului Britanic, membru asociat al Colegiului Regal de Știință și membru al Societății Regale de Astronomie, este membru fondator al formației Queen, chitarist de renume mondial, compozitor, producător și interpret. Când popularitatea formației Queen a atins pentru prima oară o cotă înaltă, Brian a fost nevoit să-și întrerupă studiile pentru doctorat despre praful cosmic interplanetar, pe care le efectua la Imperial College din Londra. El și-a păstrat însă întotdeauna interesul viu pentru astronomie și participă regulat la emisiunea *The Sky at Night*. Patronează mai multe societăți de caritate, printre care se numără Fundația Mercury Phoenix și Asociația Britanică a Donatorilor de Măduvă Osoasă. Brian a primit titlul onorific de doctor în știință de la Universitatea din Hertfordshire. Pentru a-l contacta și a afla noutăți în legătură cu munca și ideile lui despre diferite subiecte, de la relativitate la rock, vizitați site-ul interactiv **www.brianmay.com**.

SIR PATRICK MOORE, comandor al Imperiului Britanic, membru al Societății Regale de Științe, membru al Societății Regale de Astronomie, a studiat toată viața Luna, descoperind mai multe forme de relief ale acesteia, mai ales pe limburile greu de observat, și este unul dintre comentatorii de seamă ai astronomiei moderne. Emisiunea lunară pe care o realizează la postul de televiziune BBC, *The Sky at Night*, a fost lansată în același an ca *Sputnik 1*, 1957, iar Patrick a devenit un nume cunoscut, realizând comentarii despre explorarea spațiului și despre astronomie până în prezent. A apărut de nenumărate ori la televiziune și la radio, a scris sute de cărți și articole și a ținut conferințe în fața unor săli pline până la refuz în lumea întreagă. A inspirat mai multe generații de astronomi profesioniști și amatori să se angajeze cu entuziasm și să participe toată viața la dezvoltarea acestui domeniu fascinant. Brian May și Chris Lintott sunt doi dintre colegii săi cei mai apropiați. Muzician și compozitor talentat, Patrick Moore își împarte locuința cu cele două pisici ale sale, Jeannie și Ptolemy, pe care le iubește foarte mult și care duc fără rușine o viață de lux.

CHRIS LINTOTT, posesor al titlului de master în arte și științe, membru al Societății Regale de Astronomie, este cunoscut mai ales în calitatea sa de co-prezentator al emisiunii *The Sky at Night*, alături de Patrick Moore, emisiune în care a apărut prima dată în anul 2000. A studiat științele naturii la Magdalene College, Cambridge, și a obținut recent doctoratul în astrofizică la University College din Londra. În prezent își continuă studiile privind formarea stelelor de la începutul Universului până la Calea Lactee la Universitatea Oxford. În afara carierei universitare, îi place teatrul: scrie pentru programele din ciclul „Inelul Nibelungilor" ale Operei Regale și este producătorul operei comice *Galileo* scrise de Patrick, care a uimit spectatorii de la Cambridge la Chichester și mai departe.

www.rao.ro
www.raobooks.com
ISBN 978-973-717-161-0

enciclopedia rao